



XVIII Jornadas de Capacitación Regional en Georreferenciación

Dictadas por el
INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

22 y 23 de marzo de 2017 – Ciudad de Salta



Sistemas y Marcos de Referencia Geodésicos

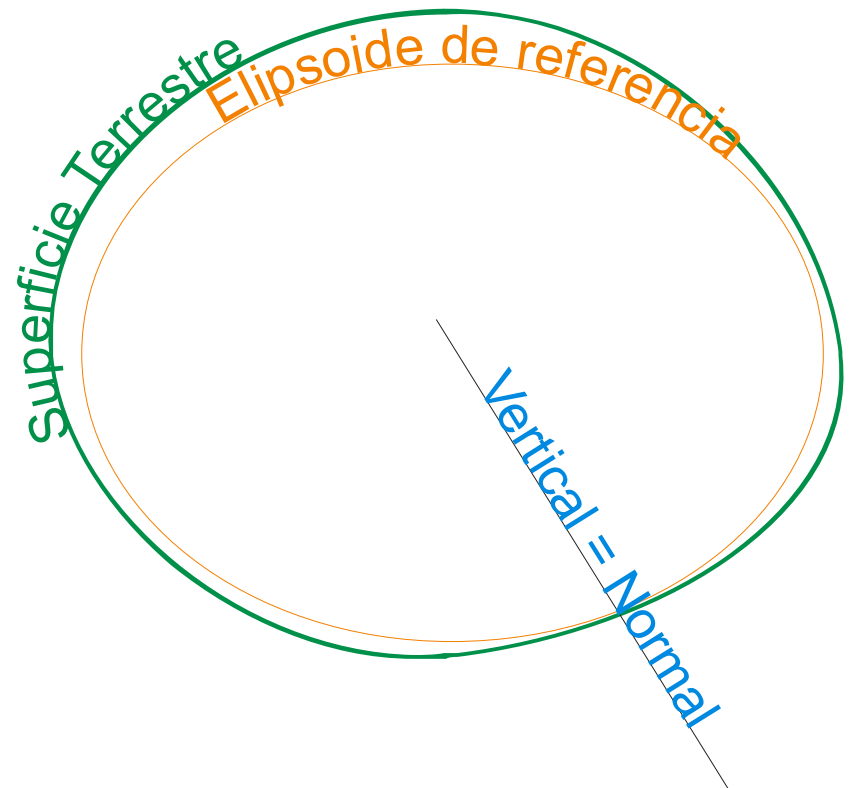


Sistema de Referencia

- Es un soporte matemático para asignar coordenadas a puntos medidos sobre la superficie terrestre. Parte de definiciones teóricas y convencionales basadas en mediciones.
- Es necesario definirlos para establecer la posición de puntos que respondan a un Sistema de Coordenadas con un **origen**, una **orientación** y una **escala** que sea accesible para todos los usuarios.
 - Sistema Local
 - Un punto **Datum** y un elipsoide de revolución.
 - Sistema Global
 - Terna de ejes cartesianos ortogonales, cuyo origen coincide prácticamente con el centro de masas terrestre.

Sistema de Referencia Local

- Se define un punto **Datum** donde coinciden la normal al elipsoide y al geoide (**Origen**), definición de Latitud y Longitud.
- Esta definición es **local** ya que cambia con la **posición geográfica** del punto Datum.
- Sistema **planimétrico**, sin alturas asociadas.



Sistema de Referencia Local

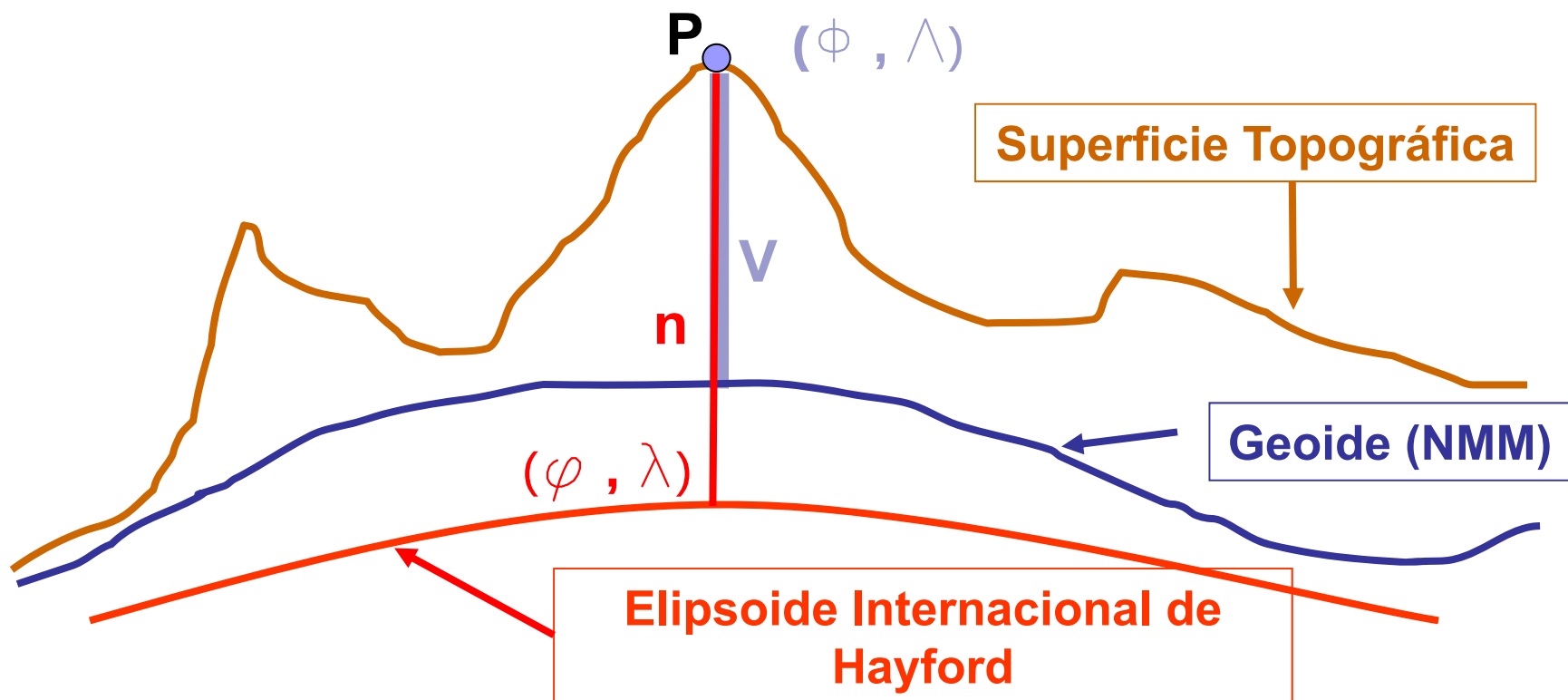
V = Vertical del lugar (normal al geoide)

(ϕ, Λ) = Coordenadas astronómicas (Latitud y Longitud)

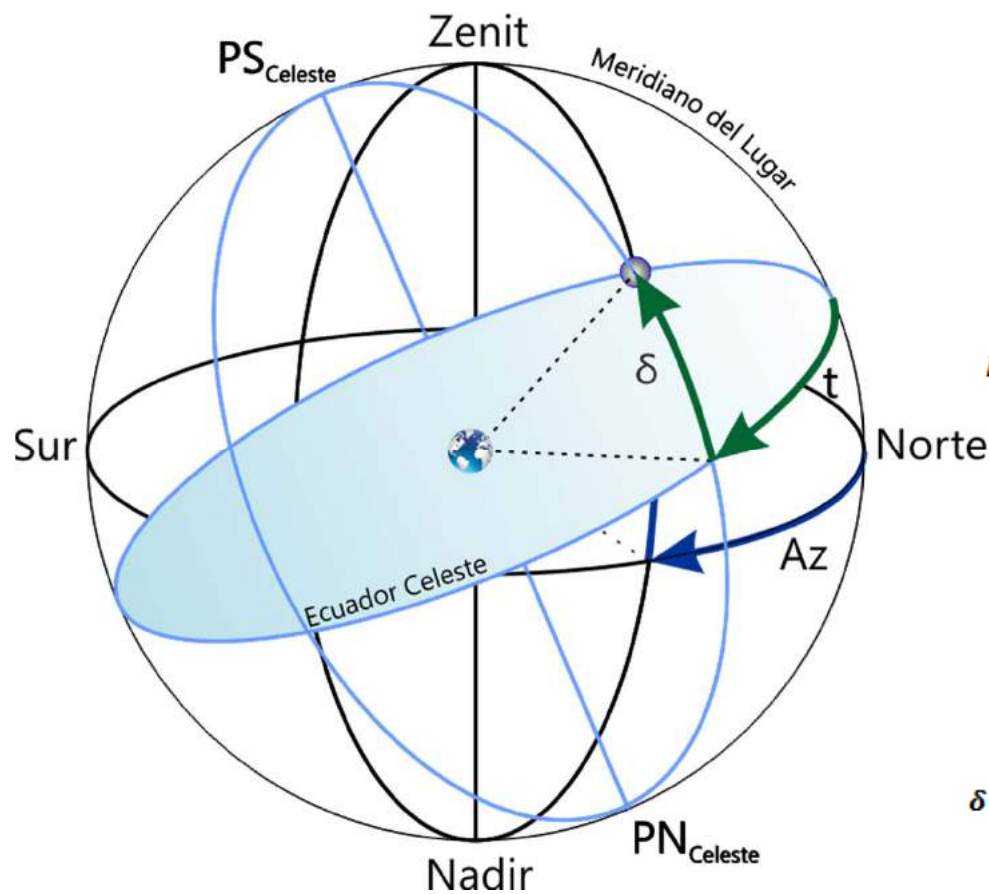
n = Normal a la superficie del elipsoide

(φ, λ) = Coordenadas geodésicas (Latitud y Longitud)

P = Punto DATUM (V coincide con n) $\Rightarrow (\phi, \Lambda)$ coinciden con (φ, λ)



Sistemas de Coordenadas Celestes



Horizontales

- Acimut (**Az**)
- Altura (**h**)

$$Az = \arcsen \left[\frac{\text{Sen}(t) \cdot \text{Cos}(\delta)}{\text{Cos}(h)} \right]$$

$$h = \arcsen[\text{Sen}(\phi) \cdot \text{Sen}(\delta) + \text{Cos}(\phi) \cdot \text{Cos}(\delta) \cdot \text{Cos}(t)]$$

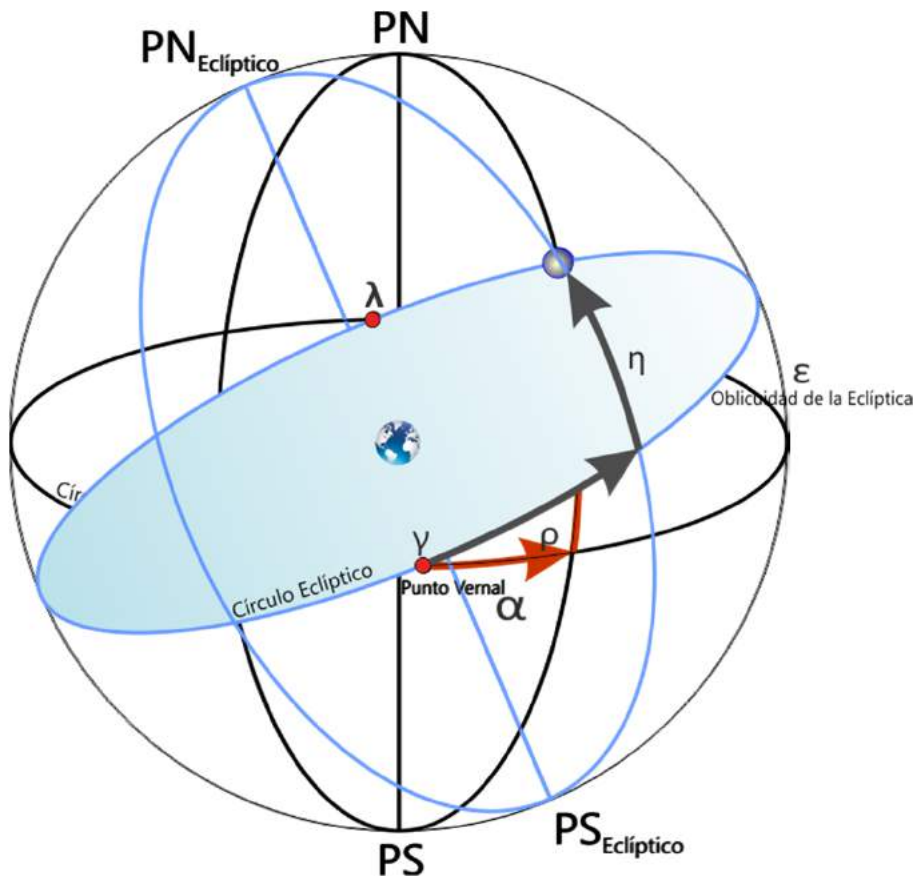
Ecuatoriales Horarias

- Ángulo Horario (**t**)
- Declinación (**δ**)

$$t = \arcsen \left[\frac{\text{Sen}(Az) \cdot \text{Cos}(h)}{\text{Cos}(\delta)} \right]$$

$$\delta = \arcsen[\text{Sen}(\phi) \cdot \text{Sen}(h) - \text{Cos}(\phi) \cdot \text{Cos}(h) \cdot \text{Cos}(Az)]$$

Sistemas de Coordenadas Celestes



Ecuatoriales Absolutas

- Ascensión Recta (α)
- Declinación (δ)

$$\alpha = \arccos \left[\frac{\cos(\eta) \cdot \cos(\rho)}{\cos(\delta)} \right]$$

$$\delta = \arcsin[\cos(\epsilon) \cdot \sin(\eta) + \sin(\epsilon) \cdot \cos(\eta) \cdot \cos(\rho)]$$

Eclípticas

- Latitud Eclíptica (η)
- Longitud Eclíptica (ρ)

$$\rho = \arccos \left[\frac{\cos(\delta) \cdot \cos(\alpha)}{\cos(\eta)} \right]$$

$$\eta = \arcsin[\cos(\epsilon) \cdot \sin(\delta) - \sin(\epsilon) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(\alpha)]$$

Marcos de Referencia

- **Materialización** de un Sistema de Referencia mediante mediciones.
- Está constituido por las **coordenadas** de una red de puntos que lo definen.
- Las coordenadas de los mismos son consistentes entre sí para una **época** en particular



Pto. Datum Campo Inchauspe



Marcos de Referencia Locales

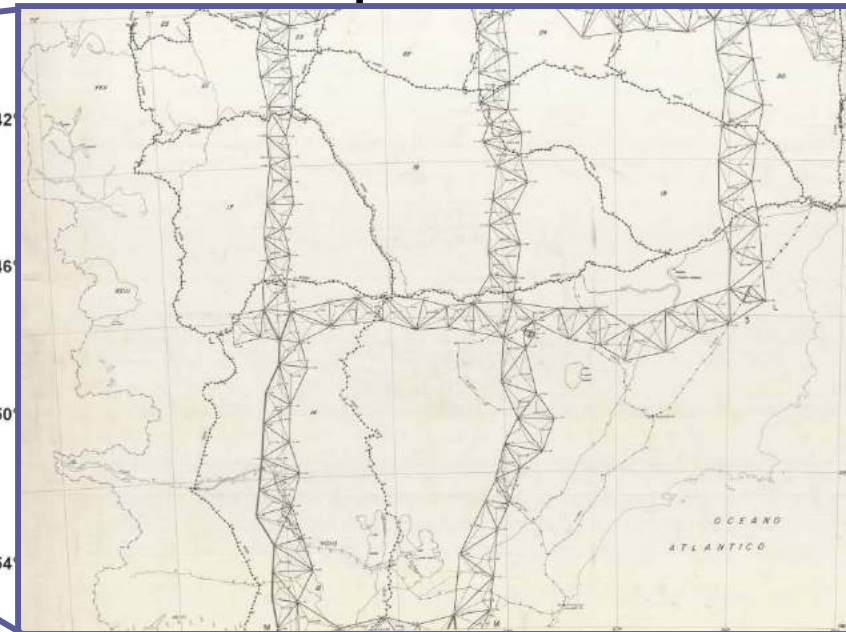
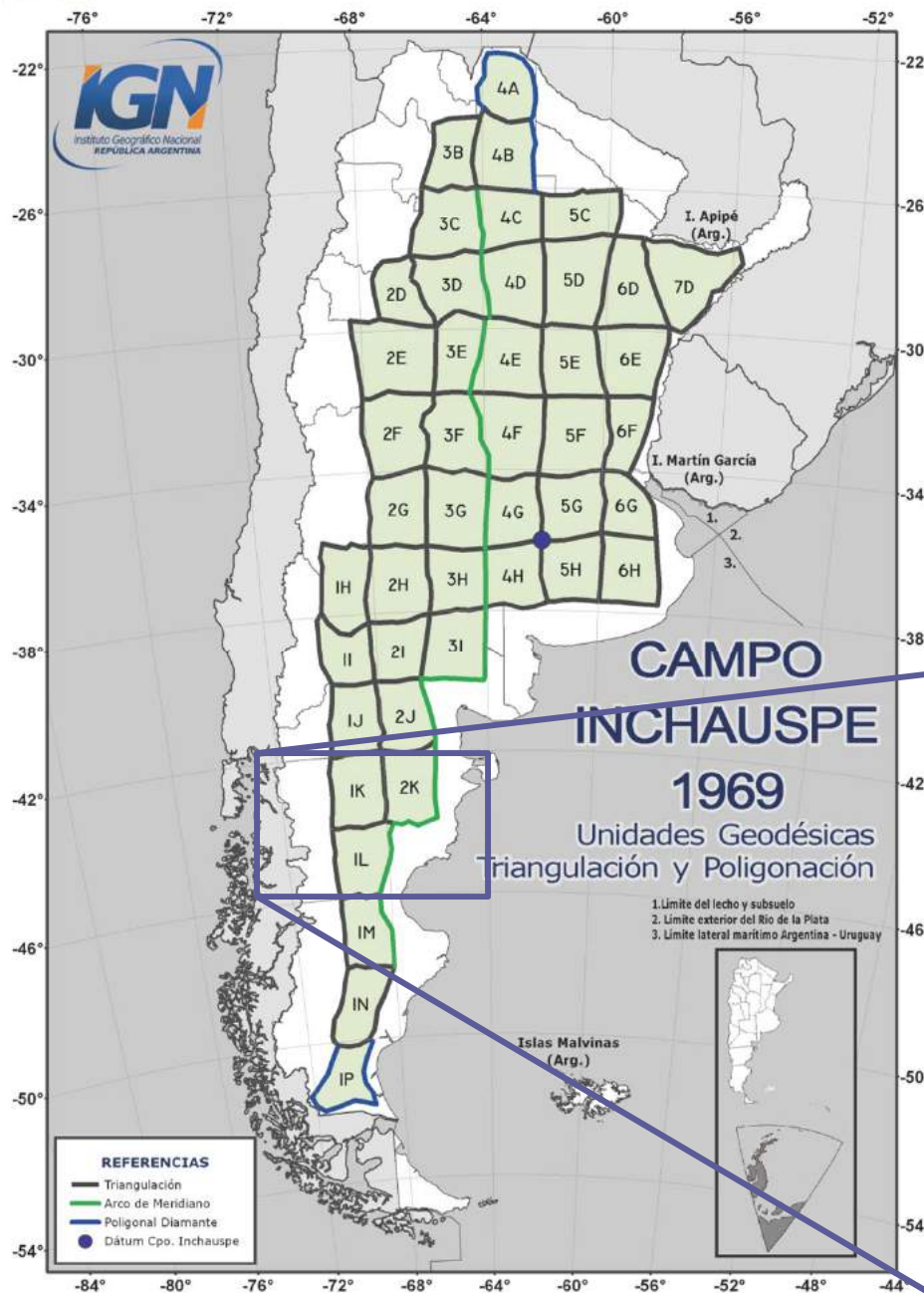
Marcos históricos de Argentina.

- ☐ Yavi
- ☐ Ubajay
- ☐ Carranza
- ☐ 25 de Mayo
- ☐ Castelli
- ☐ **Campo Inchauspe**
- ☐ Chos Malal
- ☐ Pampa del Castillo
- ☐ Tapi Aike

- Fueron materializados en función de las necesidades de generación de cartografía en las distintas regiones del país

Marco de Referencia Local Campo Inchauspe

- Origen en el Punto astronómico denominado Campo Inchauspe





Marcos de Referencia

- El Marco de Referencia Geodésico es el soporte para la confección de cartografía. Sin Marco de Referencia Geodésico no hay cartografía posible.
- Un Marco de Referencia Geodésico Nacional debe ser **ÚNICO**.

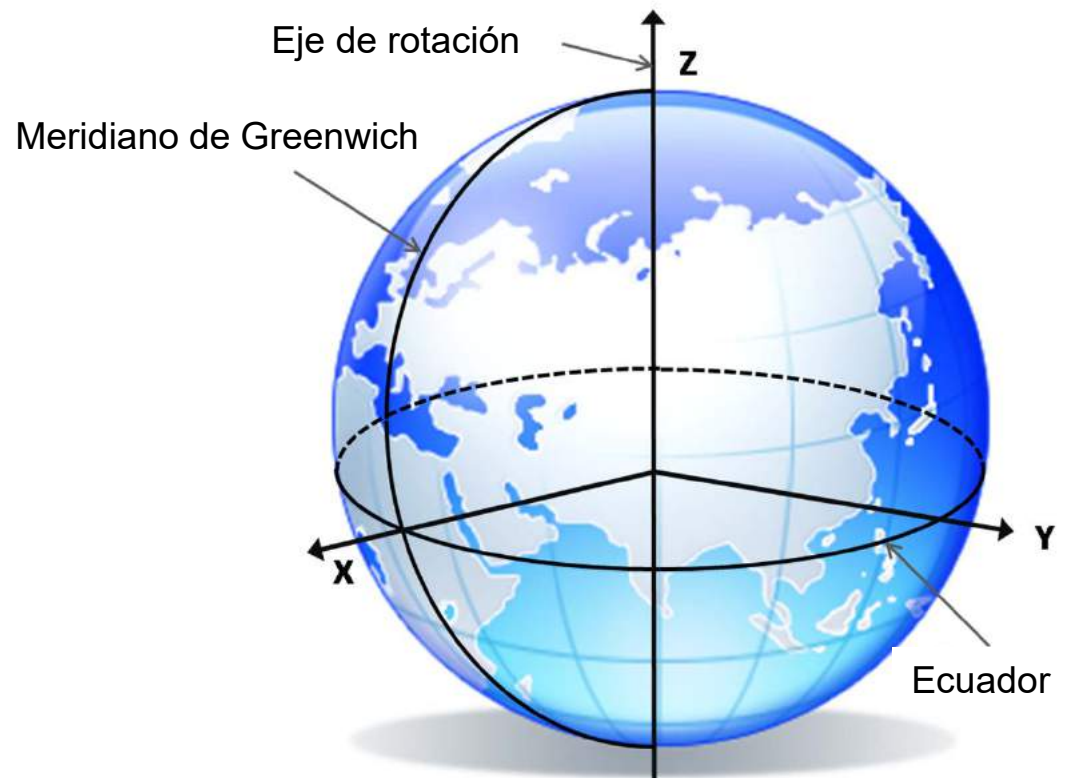
Marcos de Referencia

¿Qué ocurriría si no se utilizara un Marco de Referencia Único?



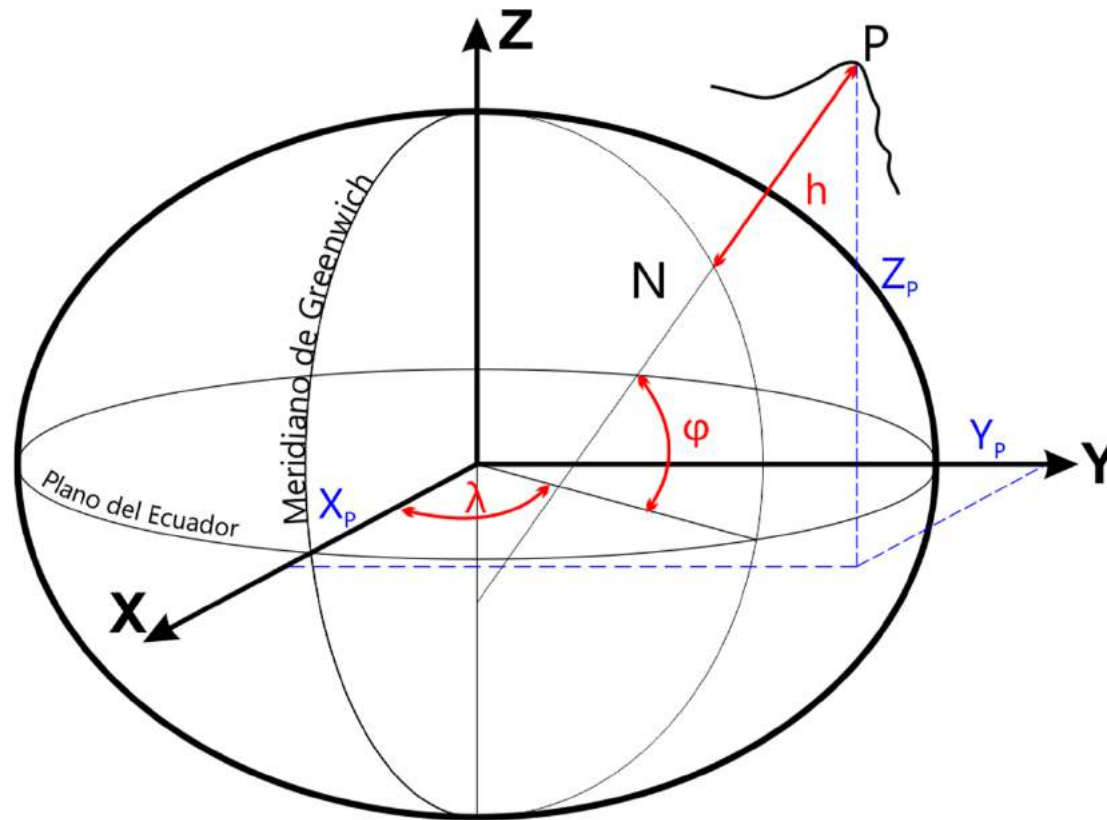
Sistema de Referencia Global

- Origen coincidente con el geocentro (centro de masa de la Tierra).
- Eje Z, paralelo a la dirección del polo para una época determinada.
- Eje X, coincidente con el plano meridiano de Greenwich para una época determinada.
- Eje Y, situado en el plano ecuatorial y perpendicular al plano XZ.
- Coordenadas cartesianas tridimensionales **XYZ**



Sistema de Referencia Global

- Para mejor interpretación de la ubicación se aplica transformación $(X,Y,Z) \rightarrow (\varphi,\lambda,h)$





Parámetros de elipsoides

Elipsoide Hayford:

Semieje mayor (a) = 6.378.388 m

Achatamiento (f) = 1 / 297

Elipsoide WGS 84 :

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257223563

Elipsoide GRS 80 :

Semieje mayor (a) = 6.378.137 m

Achatamiento (f) = 1 / 298,257222101

Relación entre Sistemas de Coordenadas

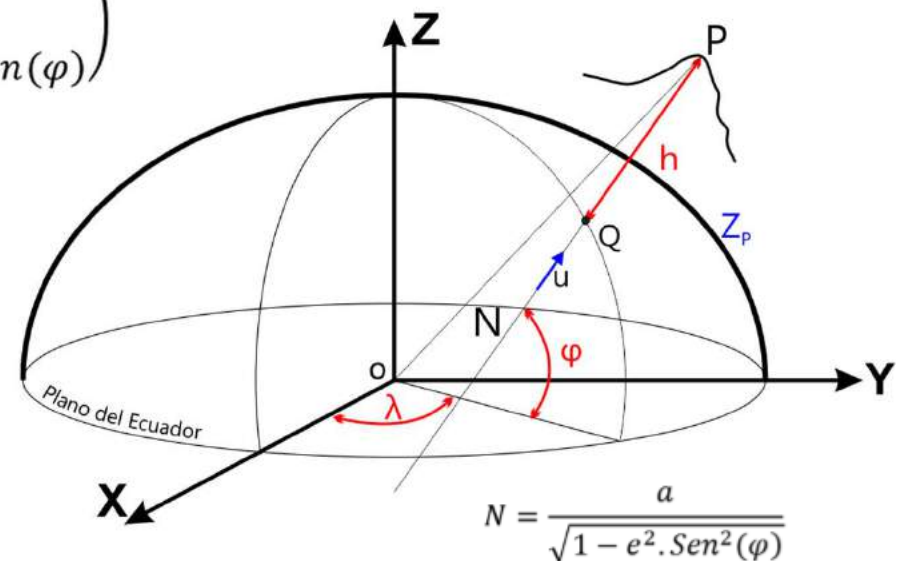
$$(X, Y, Z) \longrightarrow (\varphi, \lambda, h)$$

$$\overline{OQ} = \begin{pmatrix} XQ \\ YQ \\ ZQ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ N \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ N \cdot (1 - e^2) \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = N \cdot \bar{u} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$

$$\bar{h} = \overline{QP} = \begin{pmatrix} N \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ N \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ h \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = h \cdot \bar{u}$$

$$\overline{OP} = \overline{OQ} + \overline{QP}, \quad \text{Con lo que:}$$

$$\overline{OP} = \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N + h) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ (N + h) \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ [N \cdot (1 - e^2) + h] \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = (N + h) \begin{pmatrix} \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$



Relación entre Sistemas de Coordenadas

$$(\varphi, \lambda, h) \longrightarrow (X, Y, Z)$$

$$\boxed{tg(\varphi) = \frac{Z \frac{b}{a} + e^2 a \cdot sen^3(u)}{\frac{b}{a}(\rho - e^2 a \cdot cos^3(u))}} \quad -90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$\boxed{tg(\lambda) = \frac{Y}{X}} \quad -180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$$

$$\boxed{h = \rho \cdot cos(\varphi) + Z \cdot sen(\varphi) - a(1 - e^2 \cdot sen^2(\varphi))^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

- $r = (\rho^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\rho = (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}}$
- $tg(u) = \frac{Z}{\rho} \cdot \left(\frac{b}{a} + e^2 \frac{a}{r} \right)$
 $-90^\circ \leq u \leq 90^\circ$

Relación entre Sistemas de Coordenadas

X: 2412830.444 m

Y: -5271936.738 m

Z: -2652209.025 m

Latitud: $-24^{\circ} 43' 38.84279''$

Longitud: $-65^{\circ} 24' 27.51588''$

Altura Elipsoidal: 1257.805 m





Sistemas de Referencia Espacial y Terrestre

- En base a las precisiones alcanzadas en las técnicas de medición, para la astronomía, geodesia y geodinámica es necesario contar con dos Sistemas de Referencia: uno fijo en el Espacio y otro fijo en la Tierra.
- Al Sistema fijo en el Espacio se lo denomina **International Celestial Reference System (ICRS – Sistema de Referencia Internacional Celeste)**.
- Al Sistema Fijo a la Tierra se lo denomina **International Terrestrial Reference System (ITRS – Sistema de Referencia Internacional Terrestre)**.



ICRS / ICRF

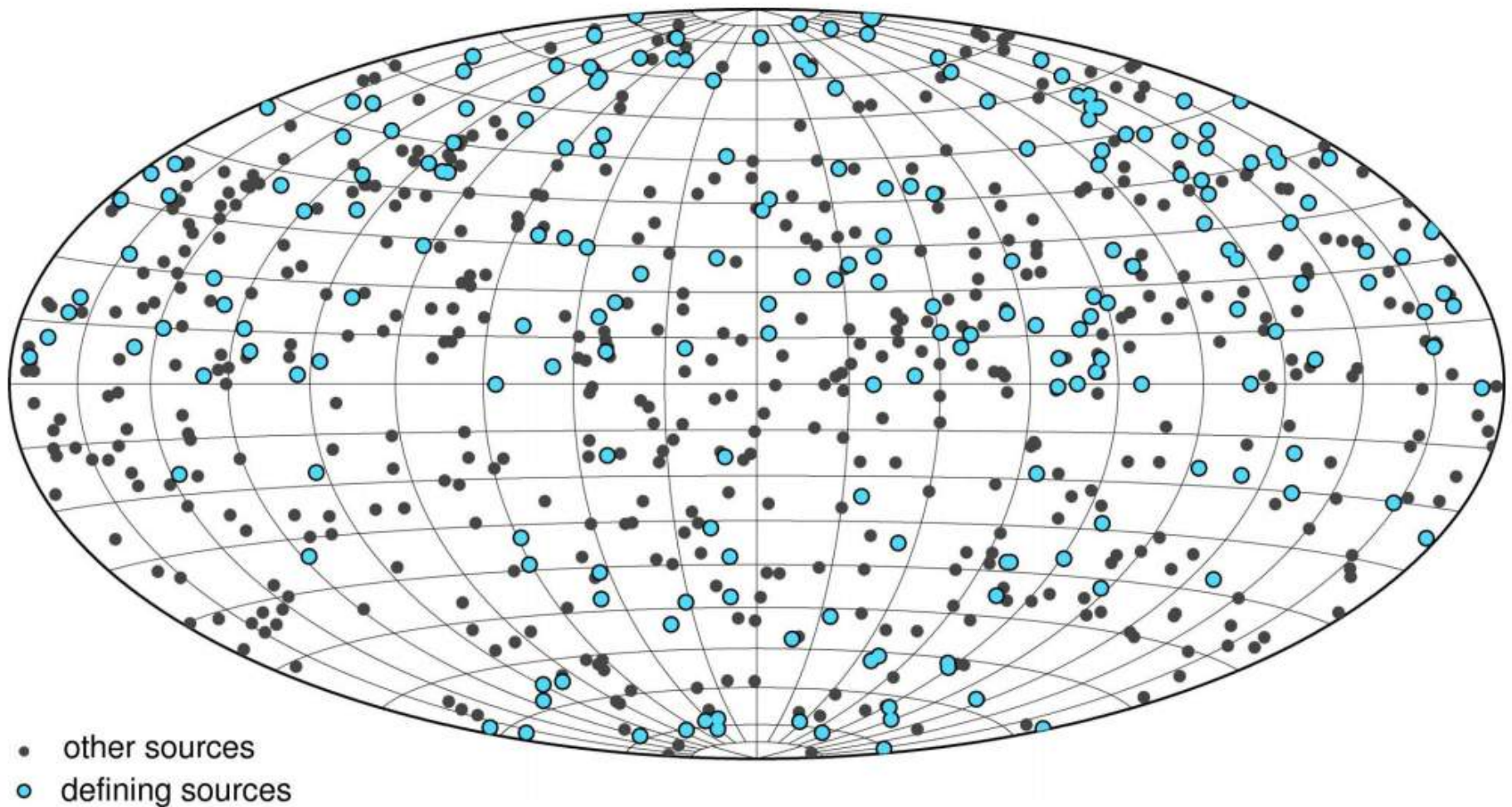
International Celestial Reference System International Celestial Reference Frame

El ICRS es un Sistema de Referencia inercial ubicado en el Baricentro del Sistema Solar con los ejes en direcciones fijas apuntando a quásares.

El eje X se ubica fijo en una posición cercana al punto Vernal, el eje Z cercano al polo norte celeste y el plano XY está ubicado cercano al plano medio definido para la época J2000.

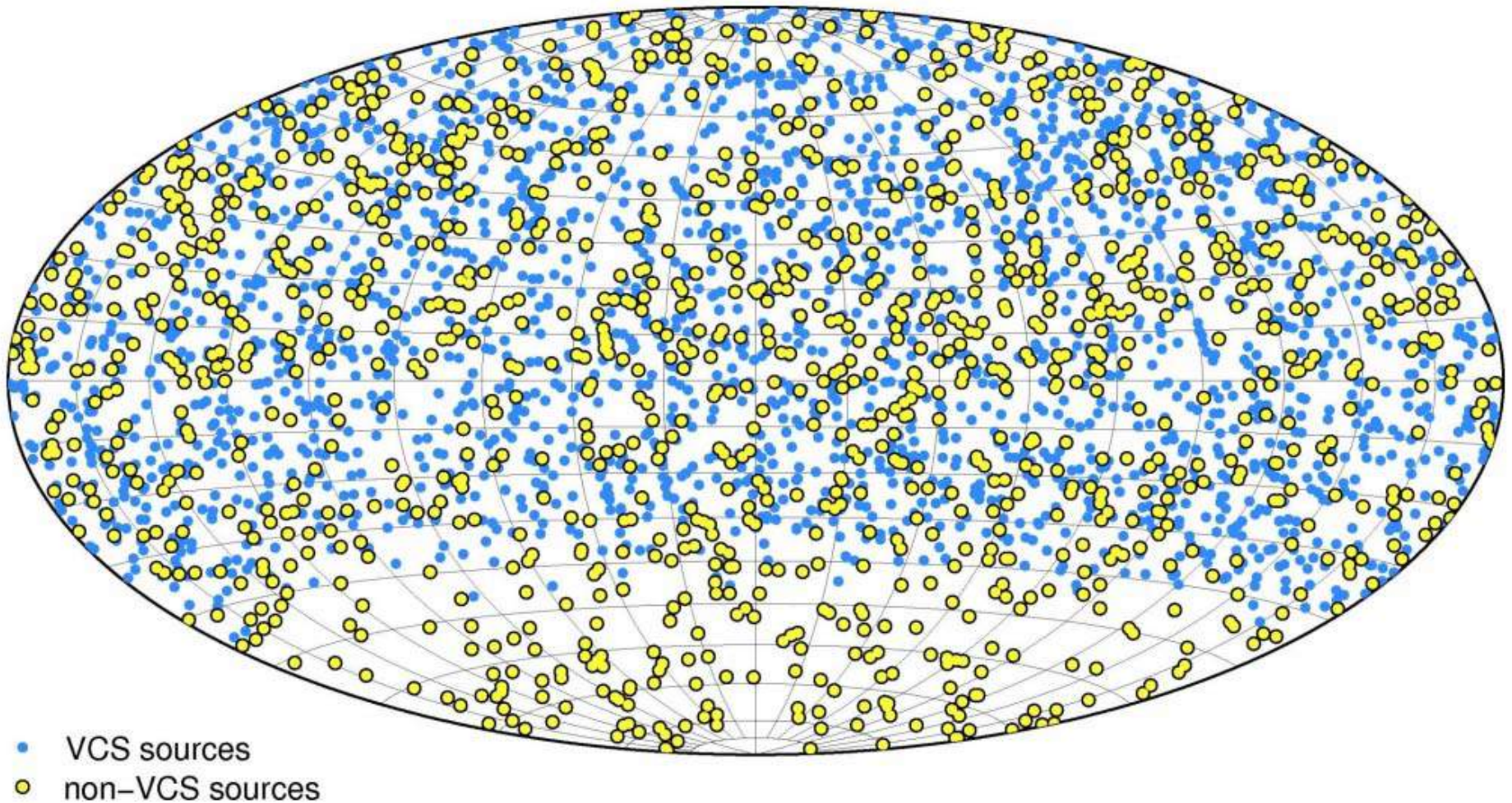
El ICRF (Marco de Referencia Celeste Internacional), queda materializado por 608 quásares seleccionados por la Unión Astronómica Internacional.

ICRF1 (1997)



608 quásares (212 son de definición)

ICRF2 (2009)



3414 quásares (295 son de definición)



ICRF1 vs ICRF2

	ICRF1	ICRF2
Observaciones VLBI	1.6 Millones	6.5 Millones
Fuentes de Definición	212	295
Cantidad Total de fuentes	608	3414
Estabilidad de los ejes	~30 μ as	~10 μ as



ITRS / ITRF

International Terrestrial Reference System International Terrestrial Reference Frame

El ITRS es un Sistema de Referencia Fijo a la Tierra, con el origen ubicado en el centro de masas terrestre con los ejes en direcciones fijas establecidas por convención.

El eje X se ubica fijo en la dirección del Meridiano de Greenwich, el eje Z coincidente con el eje de rotación terrestre, el eje Y completa la terna y el plano XY está ubicado coincidente con el plano del ecuador. Todas estas direcciones están definidas para una época en particular que forma parte de la definición.

El ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional), queda materializado por puntos fijos del terreno que posean técnicas permanentes de medición astronómica.



Sistema de Referencia Convencional Terrestre

Movimiento de oscilación del eje de rotación de la tierra:

Respecto al sistema Espacio Fijo (Precesión y nutación)

Respecto al sistema Tierra Fija (movimiento polar)

Definición del Sistema Convencional:

ICRS: Sistema de Referencia Celeste Internacional (inercial)

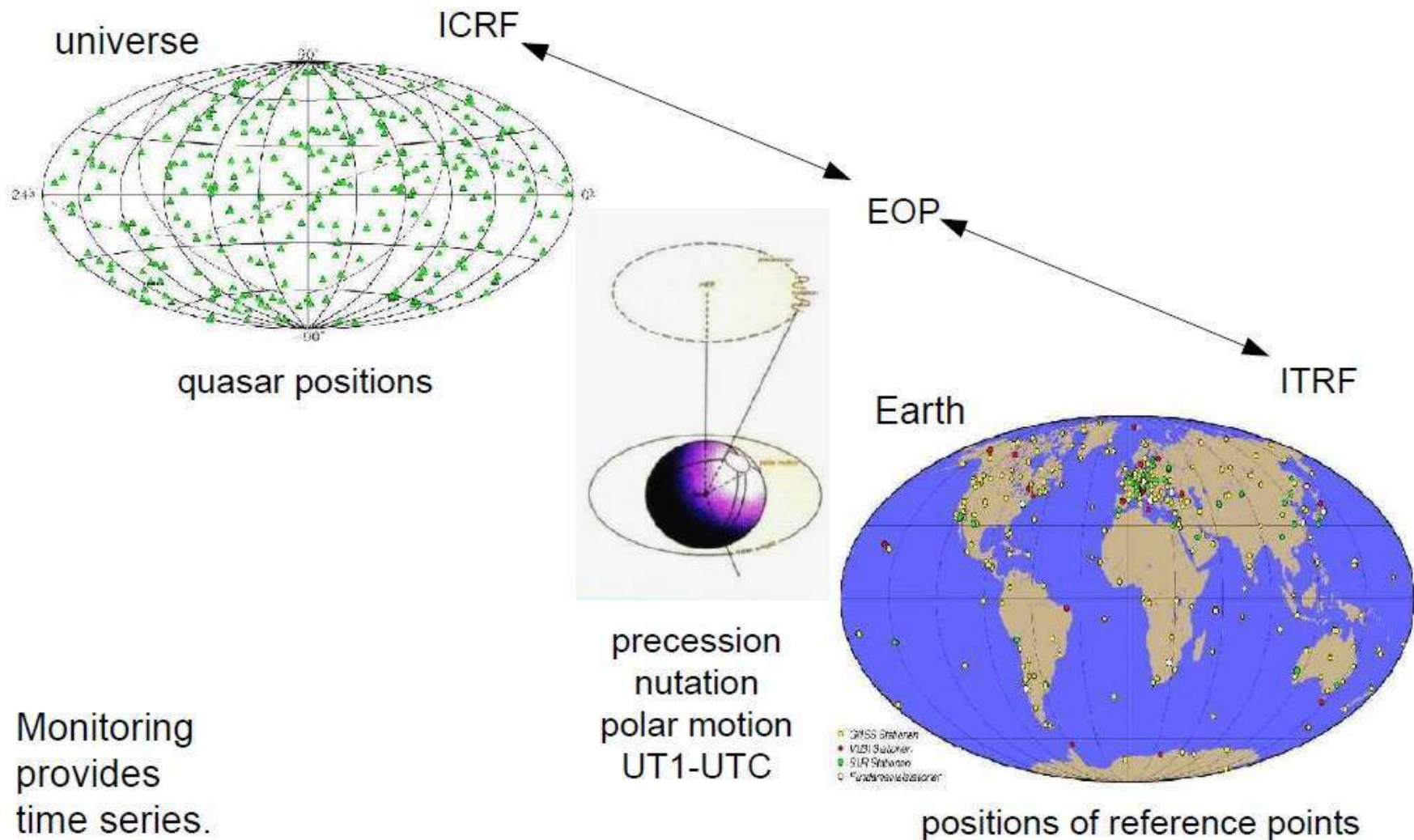
ITRS: Sistema de Referencia Terrestre Internacional (convencional)

CTP: Polo Terrestre Convencional (Eje $Z=X_3$)

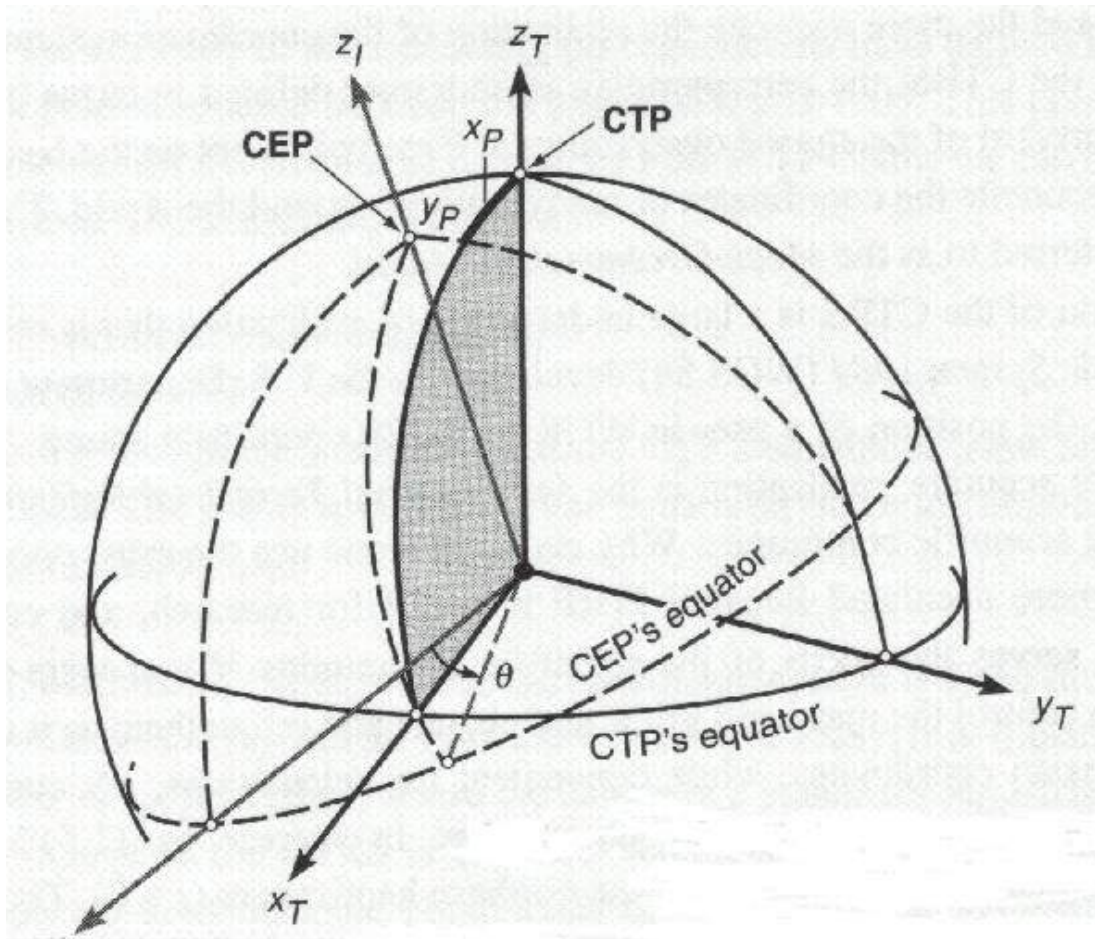
Meridiano de Greenwich: (Eje $X=X_1$)

Ejes X_1 , X_2 , X_3 : Sistema de Referencia Terrestre Convencional (CTRS), definidos para una época en particular.

Sistemas de Referencia Espacial y Terrestre



Relación entre Espacio Fijo y Tierra Fija



CTP: Polo Terrestre
Convencional

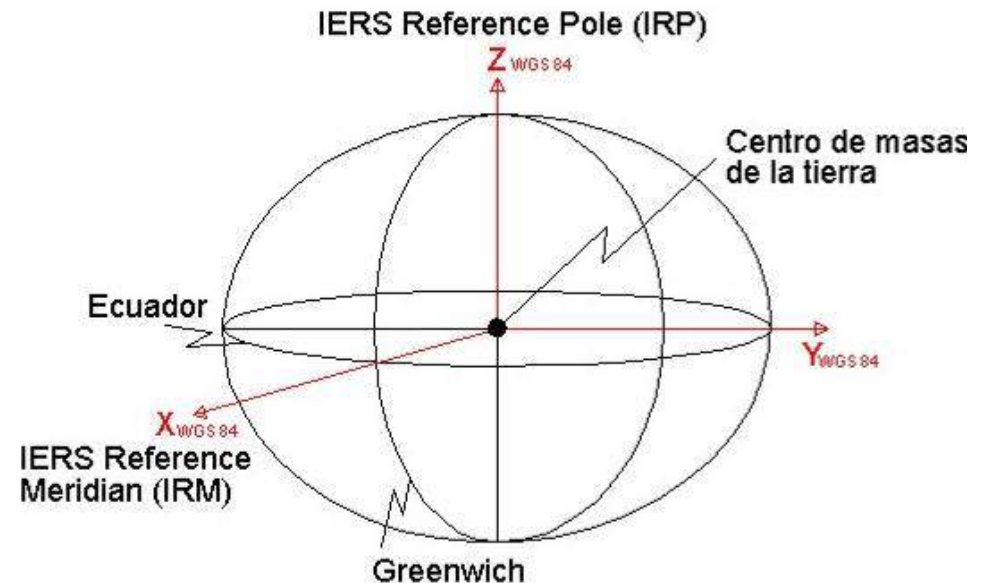
CEP: Polo de efemérides
celeste

Θ : Tiempo Sidéreo en
Greenwich

EOP: Parámetros de
Orientación Terrestre.

Marco de Referencia Global WGS84

- Origen: centro de masas de la tierra
- Eje Z: Corresponde a la dirección del Polo Convencional Terrestre (CTP en su sigla en inglés) (época 1984.0) definida por el BIPM.
- Eje X: Intersección del Meridiano de Referencia Internacional (IRM en su sigla en inglés) y el plano que pasa por el origen, normal al eje Z. El IRM es cercano al Meridiano Cero definido por el BIPM (época 1984.0).
- Eje Y: Completa el sistema de coordenadas ortogonal, Earth-Centered Earth-Fixed (ECEF).
- Establecido por el **Departamento de Defensa de los EEUU.**



Estaciones GPS - Definición WGS 84

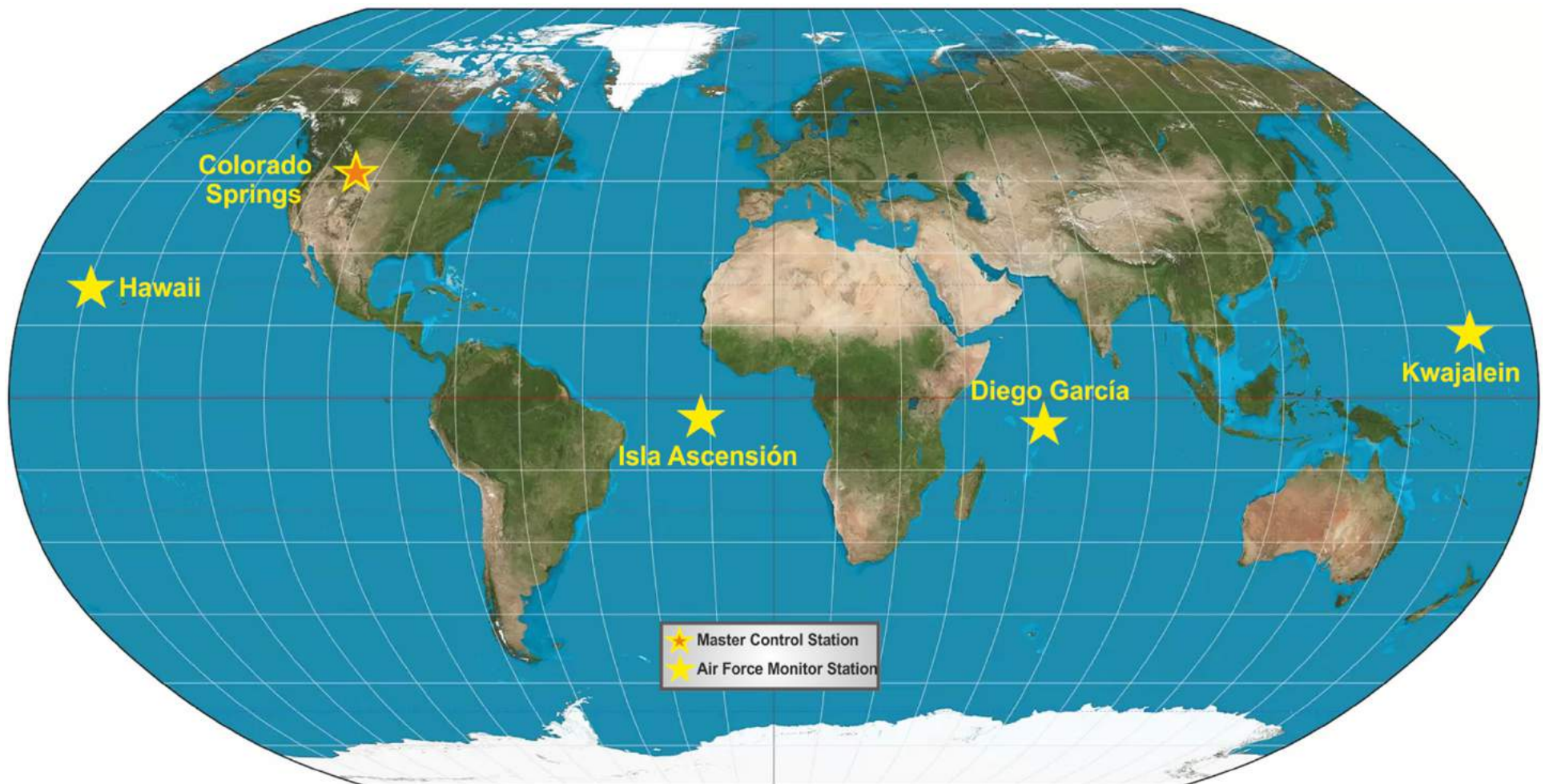
WGS 84 Station Set G873: Cartesian Coordinates*, 1997.0 Epoch

Station Location	NIMA Station Number	X (km)	Y (km)	Z (km)
<u>Air Force Stations</u>				
Colorado Springs	85128	-1248.597221	-4819.433246	3976.500193
Ascension	85129	6118.524214	-1572.350829	-876.464089
Diego Garcia(<2 Mar 97)	85130	1917.032190	6029.782349	-801.376113
Diego Garcia(>2 Mar 97)	85130	1916.197323	6029.998996	-801.737517
Kwajalein	85131	-6160.884561	1339.851686	960.842977
Hawaii	85132	-5511.982282	-2200.248096	2329.481654
<u>NIMA Stations</u>				
Australia	85402	-3939.181976	3467.075383	-3613.221035
Argentina	85403	2745.499094	-4483.636553	-3599.054668
England	85404	3981.776718	-89.239153	4965.284609
Bahrain	85405	3633.910911	4425.277706	2799.862677
Ecuador	85406	1272.867278	-6252.772267	-23.801890
US Naval Observatory	85407	1112.168441	-4842.861714	3985.487203
China	85409	-2148.743914	4426.641465	4044.656101

*Coordinates are at the antenna electrical center.

Estaciones GPS (USAF-NGA)

Determinación **WGS84**



Definición WGS 84 - Parámetros

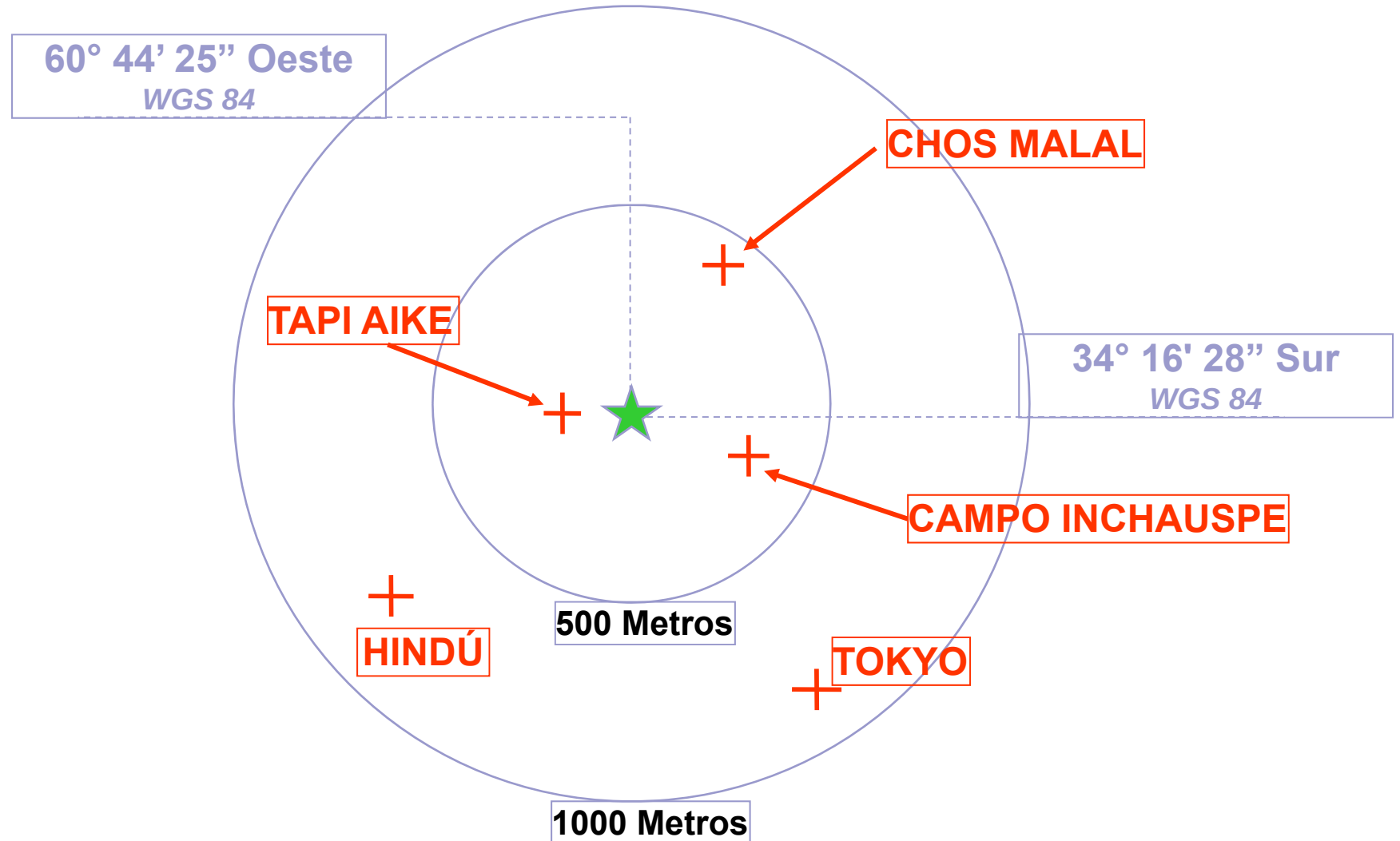
WGS 84 Four Defining Parameters

Parameter	Notation	Value
Semi-major Axis	a	6378137.0 meters
Reciprocal of Flattening	$1/f$	298.257223563
Angular Velocity of the Earth	ω	$7292115.0 \times 10^{-11}$ rad/s
Earth's Gravitational Constant (Mass of Earth's Atmosphere Included)	GM	$3986004.418 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$

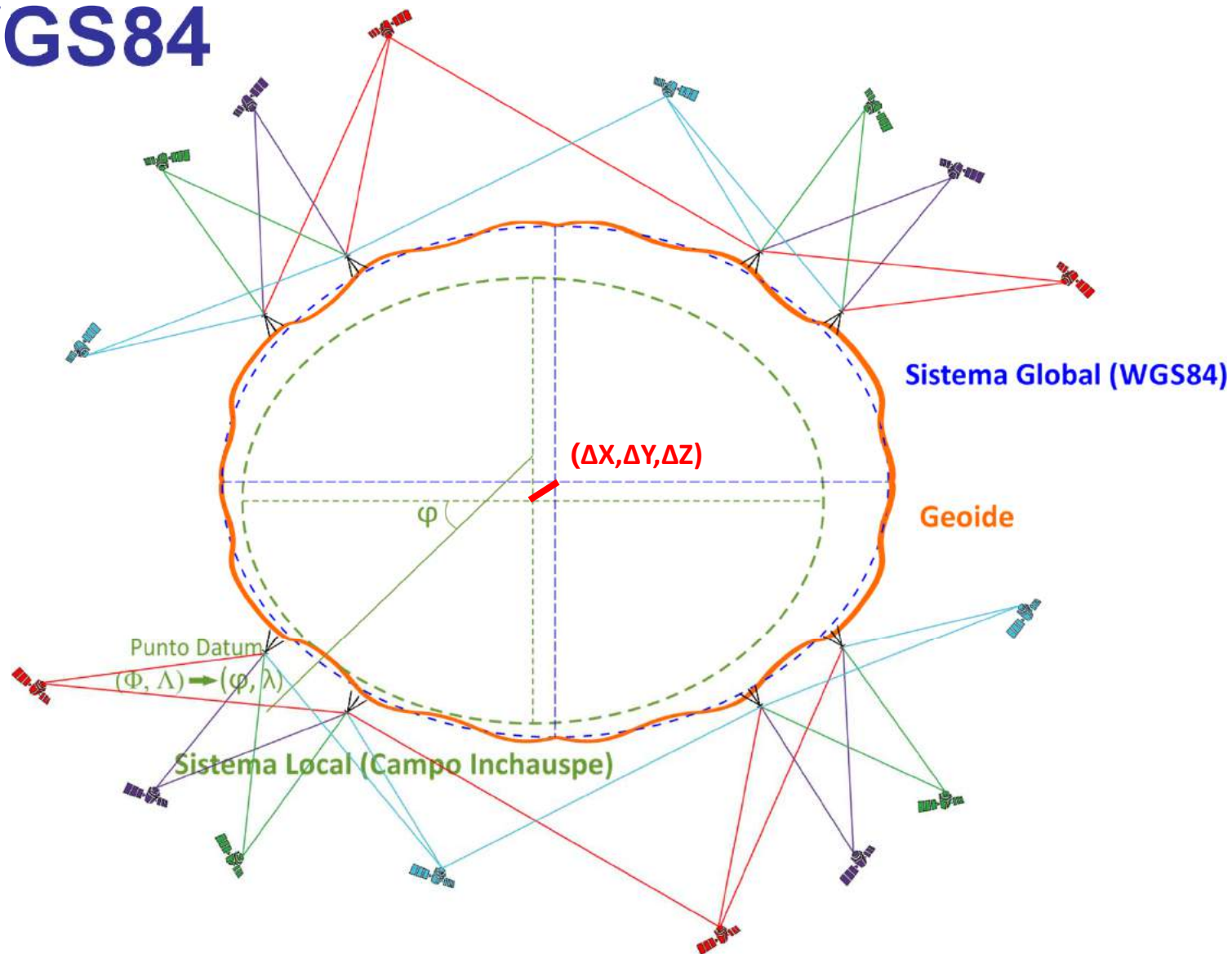
WGS 84 Parameter Values for Special Applications

Parameter	Notation	Value	Accuracy (1σ)
Gravitational Constant (Mass of Earth's Atmosphere Not Included)	GM'	$3986000.9 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$	$\pm 0.1 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$
GM of the Earth's Atmosphere	GM _A	$3.5 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$	$\pm 0.1 \times 10^8 \text{m}^3/\text{s}^2$
Angular Velocity of the Earth (In a Precessing Reference frame)	ω^*	$(7292115.8553 \times 10^{-11} + 4.3 \times 10^{-15} T_U)$ rad/s	$\pm 0.15 \times 10^{-11}$ rad/s

Diferencia entre Marcos de Referencia Locales y WGS84



Diferencia entre Campo Inchauspe y WGS84



Transformación de Molodensky

$$\varphi_1, \lambda_1, h_1 \rightarrow \varphi_2, \lambda_2, h_2$$

$$\Delta\varphi = \rho'' / M \cdot (-\Delta X \cdot \text{SEN } \varphi \cdot \text{COS } \lambda - \Delta Y \cdot \text{SEN } \varphi \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Z \cdot \text{COS } \varphi + (a \cdot \Delta f + f \cdot \Delta a) \cdot \text{SEN } 2 \varphi)$$

$$\Delta\lambda = \rho'' / N \cdot \text{COS } \varphi \cdot (-\Delta X \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Y \cdot \text{COS } \lambda)$$

$$\Delta h = \Delta X \cdot \text{COS } \varphi \cdot \text{COS } \lambda + \Delta Y \cdot \text{COS } \varphi \cdot \text{SEN } \lambda + \Delta Z \cdot \text{SEN } \varphi + (a \cdot \Delta f + f \cdot \Delta a) \cdot \text{SEN}^2 \varphi - \Delta a$$

Los valores $\Delta\varphi$ y $\Delta\lambda$ se obtienen en segundos de arco (") y Δh en metros (m)



Parámetros de transformación

Campo Inchauspe 69 $\Rightarrow$ WGS 84 (Posgar 94)

$$\Delta X = - 148 \text{ m}$$

$$\Delta Y = + 136 \text{ m}$$

$$\Delta Z = + 90 \text{ m}$$

$$\Delta a = - 251 \text{ m}$$

$$\Delta f = - 1,419270155 \cdot 10^{-5}$$

Las diferencias (Δ) se obtienen como :

Sistema Campo Inchauspe 69 - Sistema Posgar 94

Parámetros de transformación

Appendix B.7
Transformation Parameters
Local Geodetic Datums to WGS 84

Continent: SOUTH AMERICA										
Local Geodetic Datums		Reference Ellipsoids and Parameter Differences			No. of Satellite Stations Used	Transformation Parameters				
Name	Code	Name	$\Delta a(m)$	$\Delta f \times 10^4$		Cycle Number	Pub. Date	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	$\Delta Z(m)$
BOGOTA OBSERVATORY Colombia	BOO	International 1924	-251	-0.14192702	7	0	1987	307 +6	304 +5	-318 +6
CAMPO INCHAUSPE 1969 Argentina	CAI	International 1924	-251	-0.14192702	20	0	1987	-148 ± 5	136 ± 5	90 ± 5
CHUA ASTRO Paraguay	CHU	International 1924	-251	-0.14192702	6	0	1987	-134 ± 6	229 ± 9	-29 ± 5
CORREGO ALEGRE Brazil	COA	International 1924	-251	-0.14192702	17	0	1987	-206 ± 5	172 ± 3	-6 ± 5



Sistema de Referencia Global **ITRS** (Sistema de Referencia Internacional Terrestre)

- Sistema de Referencia fijo a la Tierra, con origen ubicado en el centro de masas terrestre con los ejes en direcciones fijas establecidas por convención.
- El eje X se ubica fijo en la dirección del Meridiano de Greenwich, el eje Z coincidente con el eje de rotación terrestre, el eje Y completa la terna y el plano XY está ubicado coincidente con el plano del ecuador. Todas estas direcciones están definidas para una época en particular que forma parte de la definición.
- Definido por el **IERS (Servicio Internacional de Rotación Terrestre)**.



Marco de Referencia Global ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional)

- Materialización del Sistema de Referencia Internacional Terrestre (ITRS).
- Lista de **coordenadas** y **velocidades** para una selección de estaciones permanentes
- El Servicio Internacional de Rotación Terrestre (IERS) calcula un ITRF periódicamente. La última publicación es el ITRF14, con datos de estaciones permanentes hasta el año 2015

Marco de Referencia Global

ITRF

- ❑ La posición de un punto situado sobre la superficie de la Tierra en una época “t” cuyas coordenadas “” son funciones del tiempo, se expresa como:

$$\bar{X}_{(t)} = \bar{X}_0 + \frac{d\bar{X}_0}{dt} \cdot (t - t_0) + \sum_i \Delta\bar{X}_{i(t)} \quad \bar{X}_{(t)} = (X_{(t)}; Y_{(t)}; Z_{(t)})$$

- ❑ Donde:

- ❑ $\Delta\bar{X}_{i(t)}$ son las correcciones debidas a diversos factores variables en el tiempo (desplazamientos ocasionados por mareas terrestres, incluidos los efectos permanentes, la carga oceánica, mareas polares, rebote postglacial, carga atmosférica, variaciones del geocentro, etc.)
- ❑ $\bar{X}_{(t)}$ y t_0 las coordenadas y el tiempo de la época inicial



Marcos de Referencia

- La definición y densificación de los Marcos de Referencia actuales en los que se apoya el sistema **GPS** solo son posibles a través de las técnicas de medición espacial más precisas.
- Su precisión y realización es de fundamental importancia para estudiar fenómenos que suceden en la Tierra (rebote post-glacial, cambios de nivel medio del mar, estudios atmosféricos, etc).



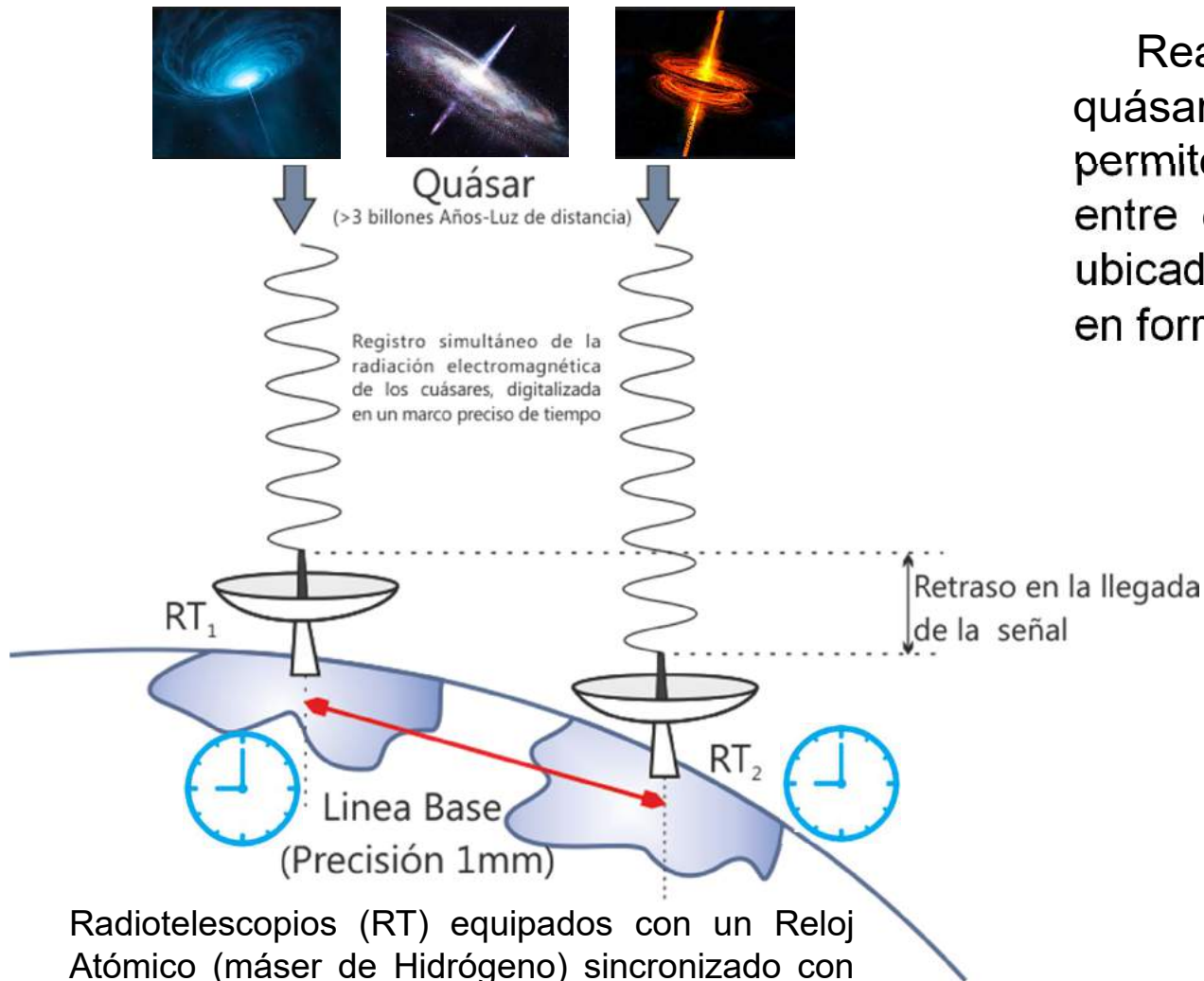
Marcos de Referencia Globales

- Las técnicas para la determinación de los Marcos de Referencia son:

- ☐ VLBI
- ☐ SLR / LLR
- ☐ DORIS
- ☐ GNSS

VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

Interferometría de base muy larga



Radiotelescopios (RT) equipados con un Reloj Atómico (máser de Hidrógeno) sincronizado con la red de estaciones VLBI

Realiza mediciones hacia quásares y por interferometría permite calcular la distancia entre centros de observación ubicados a muy larga distancia en forma muy precisa.

Esta técnica permite establecer el Marco Celeste de Referencia Internacional, como así también contribuye a la determinación de los parámetros de rotación terrestre.

VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

Interferometría de base muy larga



Antena VLBI – Observatorio AGGO
Cercanías de la ciudad de La Plata, Argentina

VLBI (Very Long Baseline Interferometry)

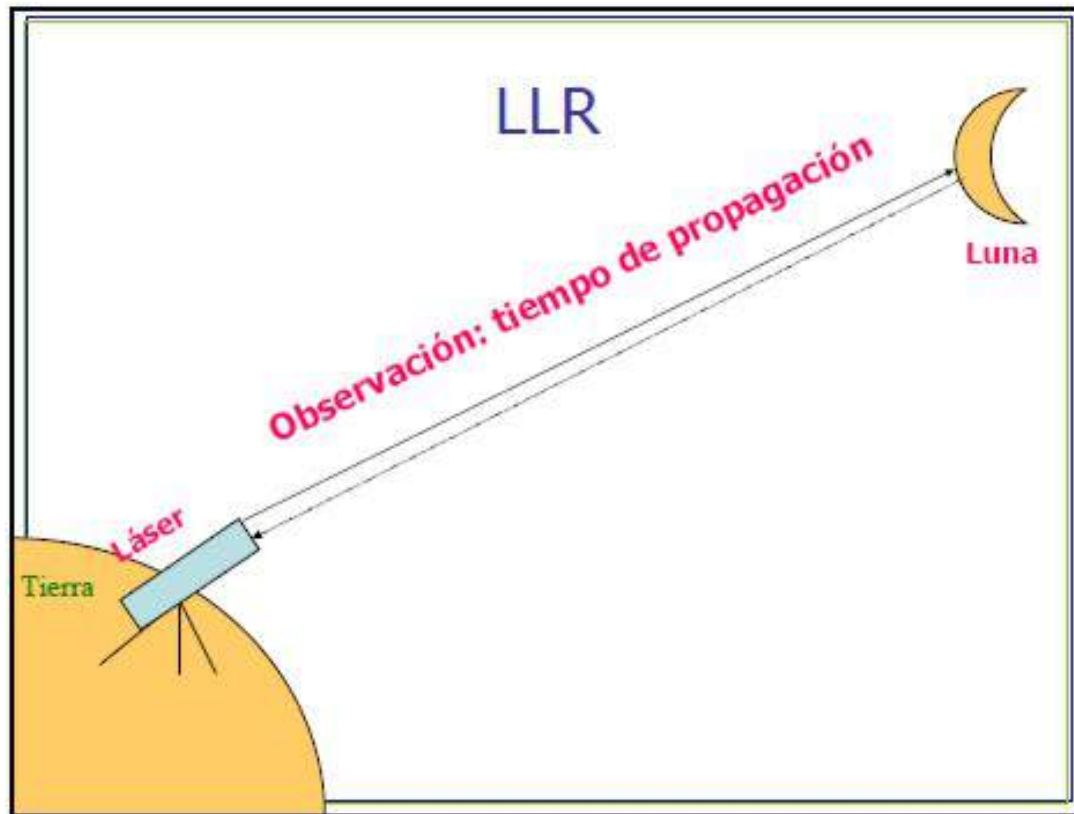


LLR (Lunar Laser Ranging)

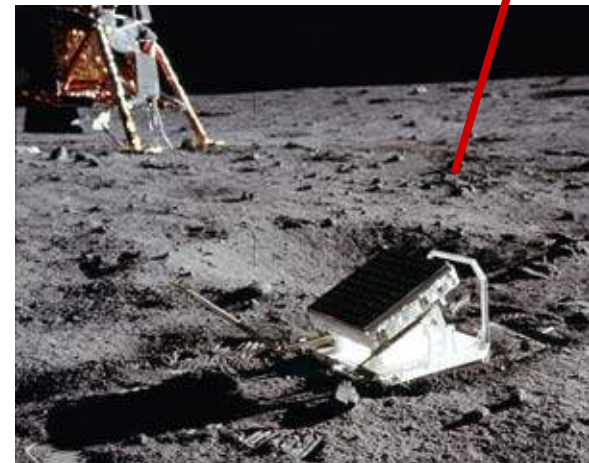
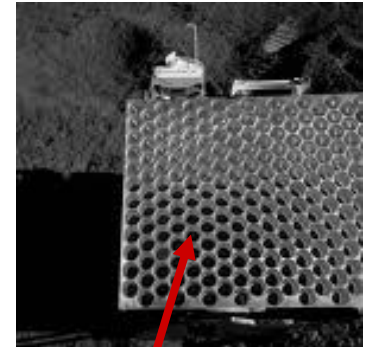
Medición láser a la luna

Medición de distancias a la Luna desde observatorios sobre la superficie de terrestre hacia reflectores en la luna.

La medición se realiza con láser, teniendo en cuenta el tiempo que tarda la señal en llegar al satélite y regresar.



**Reflector
colocado
por la
misión del
Apolo XI**

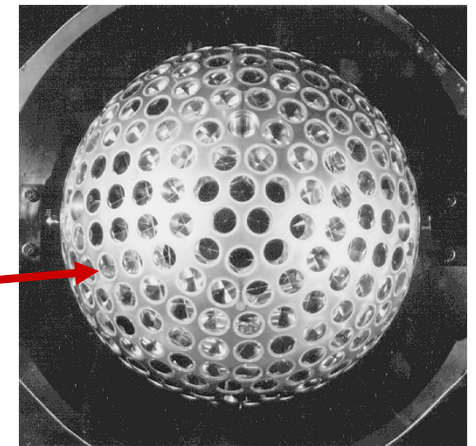
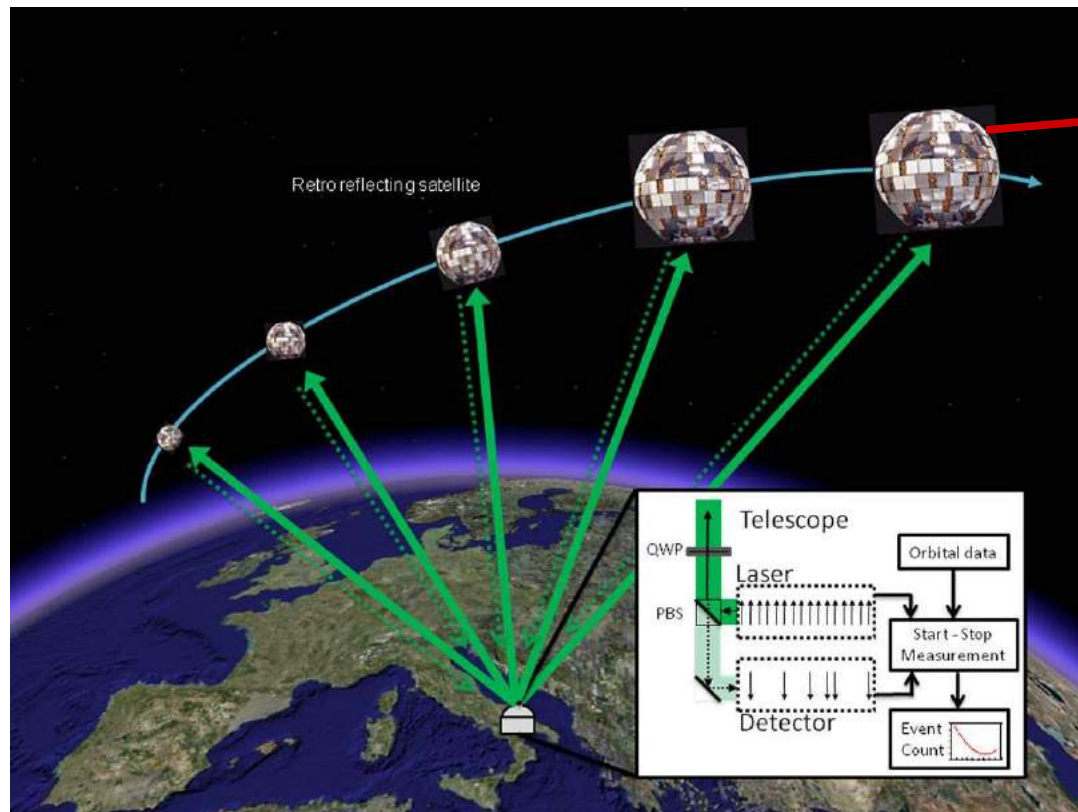


SLR (Satellite Laser Ranging)

Medición láser a satélites

Medición de distancias a satélites desde observatorios sobre la superficie de terrestre.

La medición se realiza con láser, teniendo en cuenta el tiempo que tarda la señal en llegar al satélite y regresar



**Satélite
LAGEOS
(LAsEr
GEOdinamics
Satellite)**

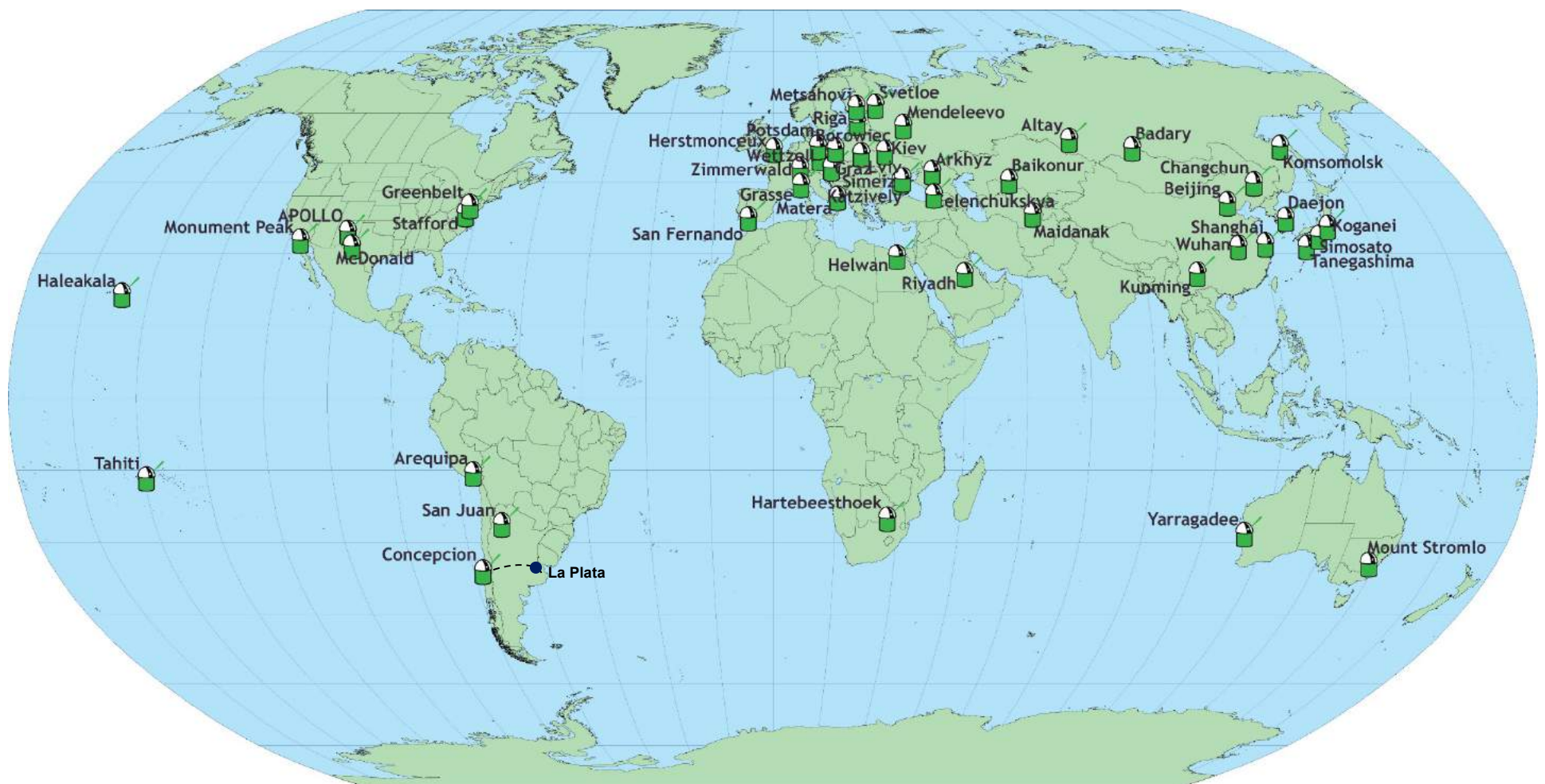
SLR (Satellite Laser Ranging)

Medición láser a satélites



Sistema SLR – Observatorio AGGO
Cercanías de la ciudad de La Plata, Argentina

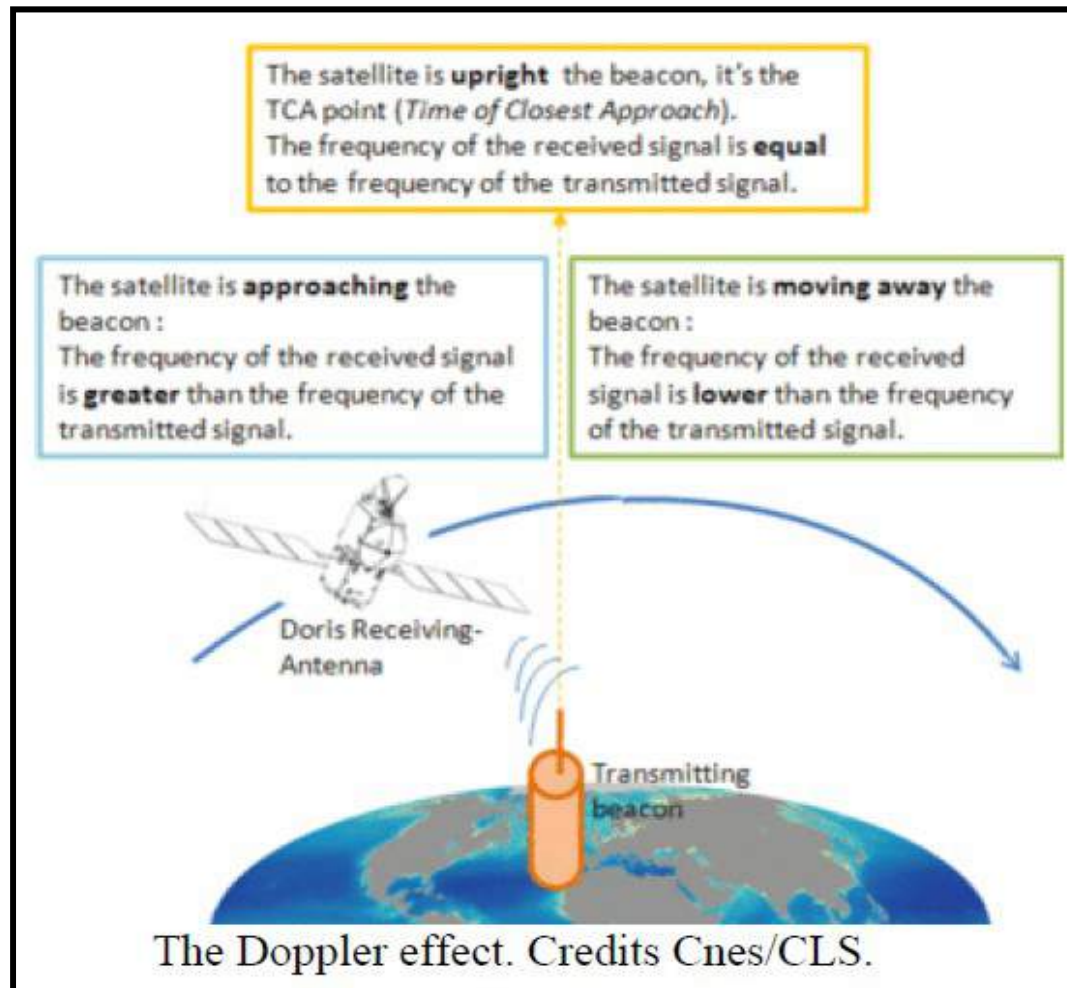
Mapa de observatorios SLR/LLR



Estado actual de la red

DORIS (Doppler Orbitography and Radio Positioning Integrated by Satellite)

Orbitografía Doppler y Posicionamiento Radial Integrado por Satélite

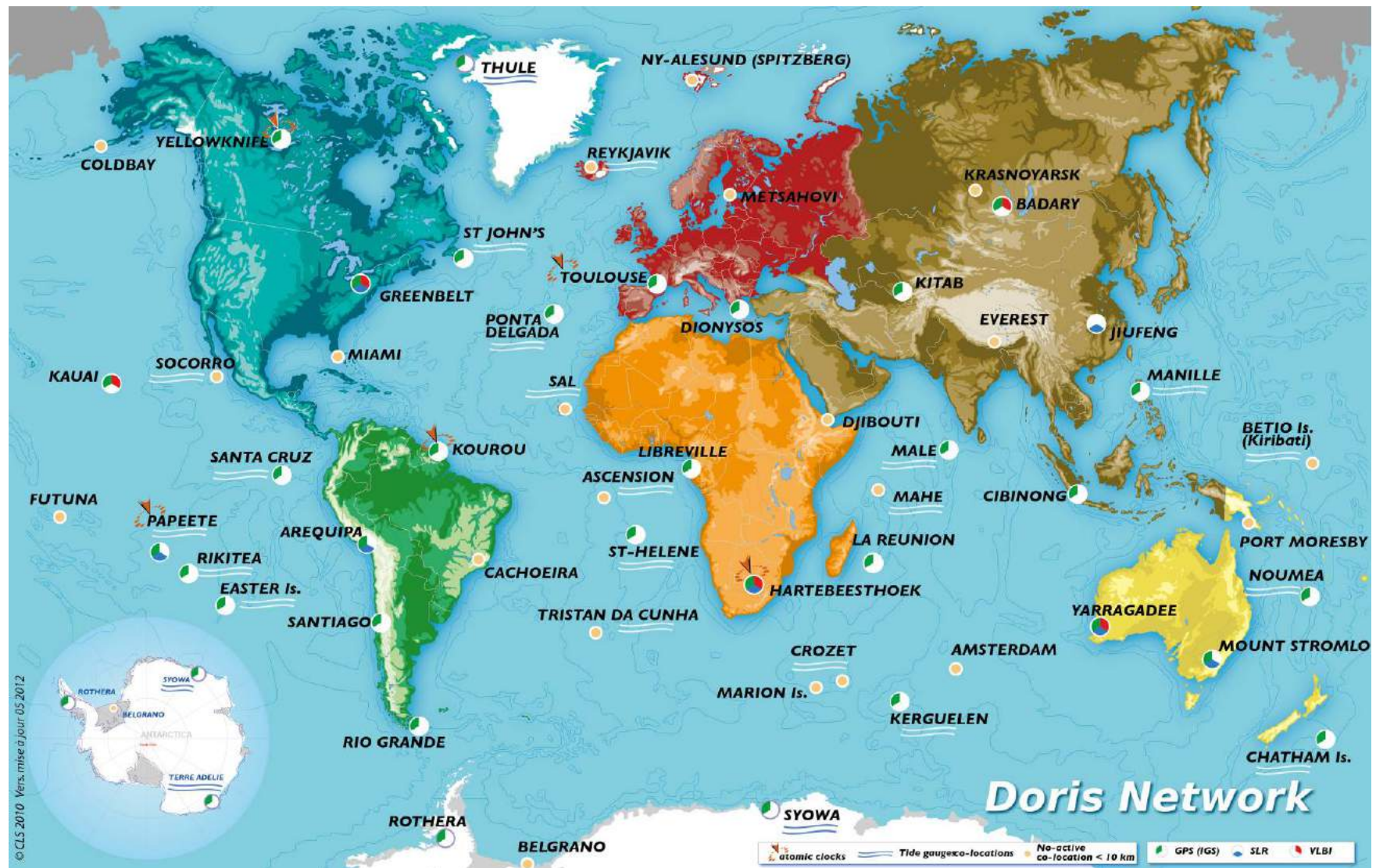


Permite calcular la órbita de los satélites con gran precisión utilizando el efecto Doppler.

Tanto el satélite como el receptor (beacon), emiten y reciben las señales.

Utilizan los satélites SPOT, JASON y ENVISAT.

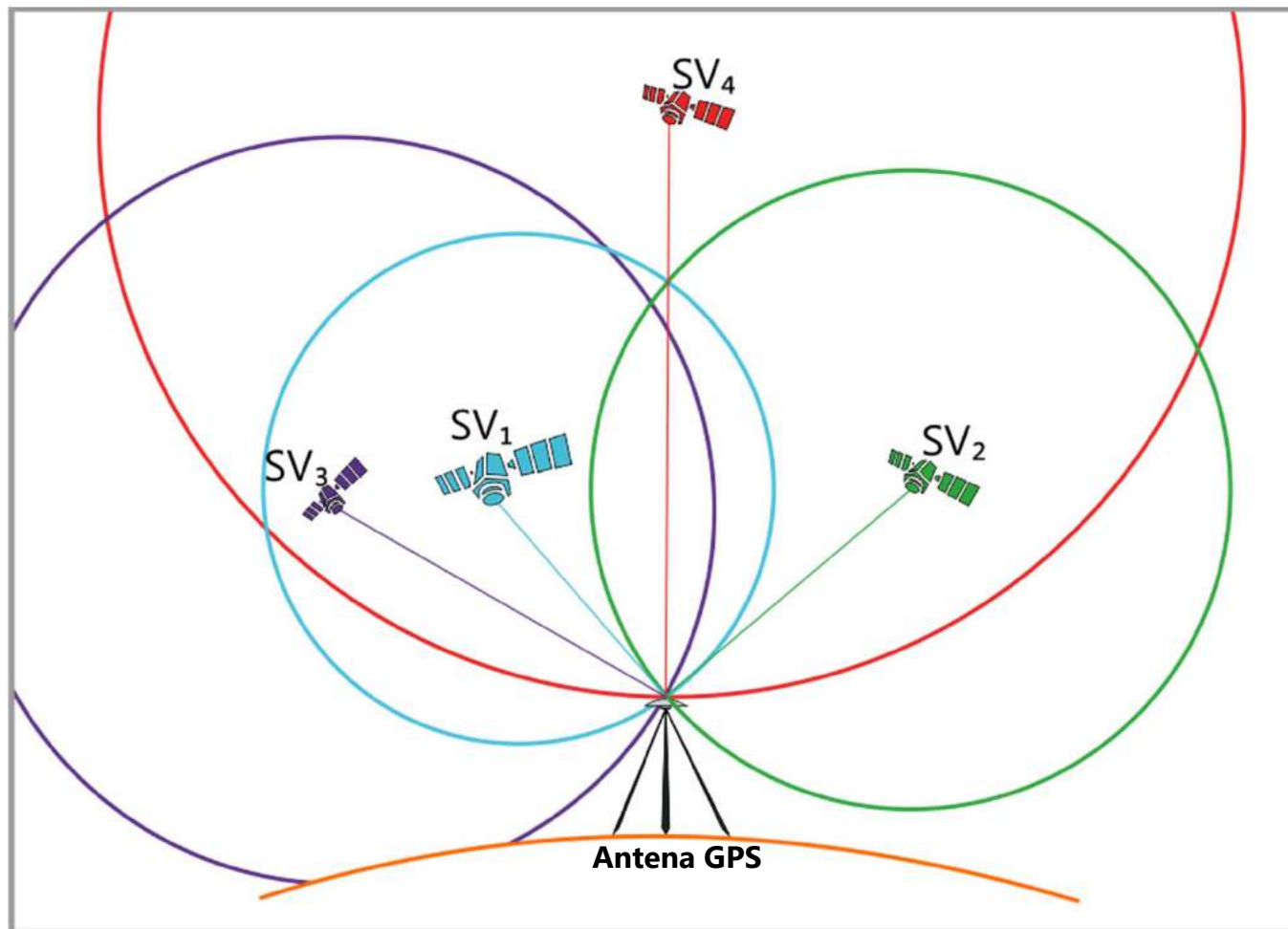
Mapa de los observatorios DORIS



GPS / GNSS

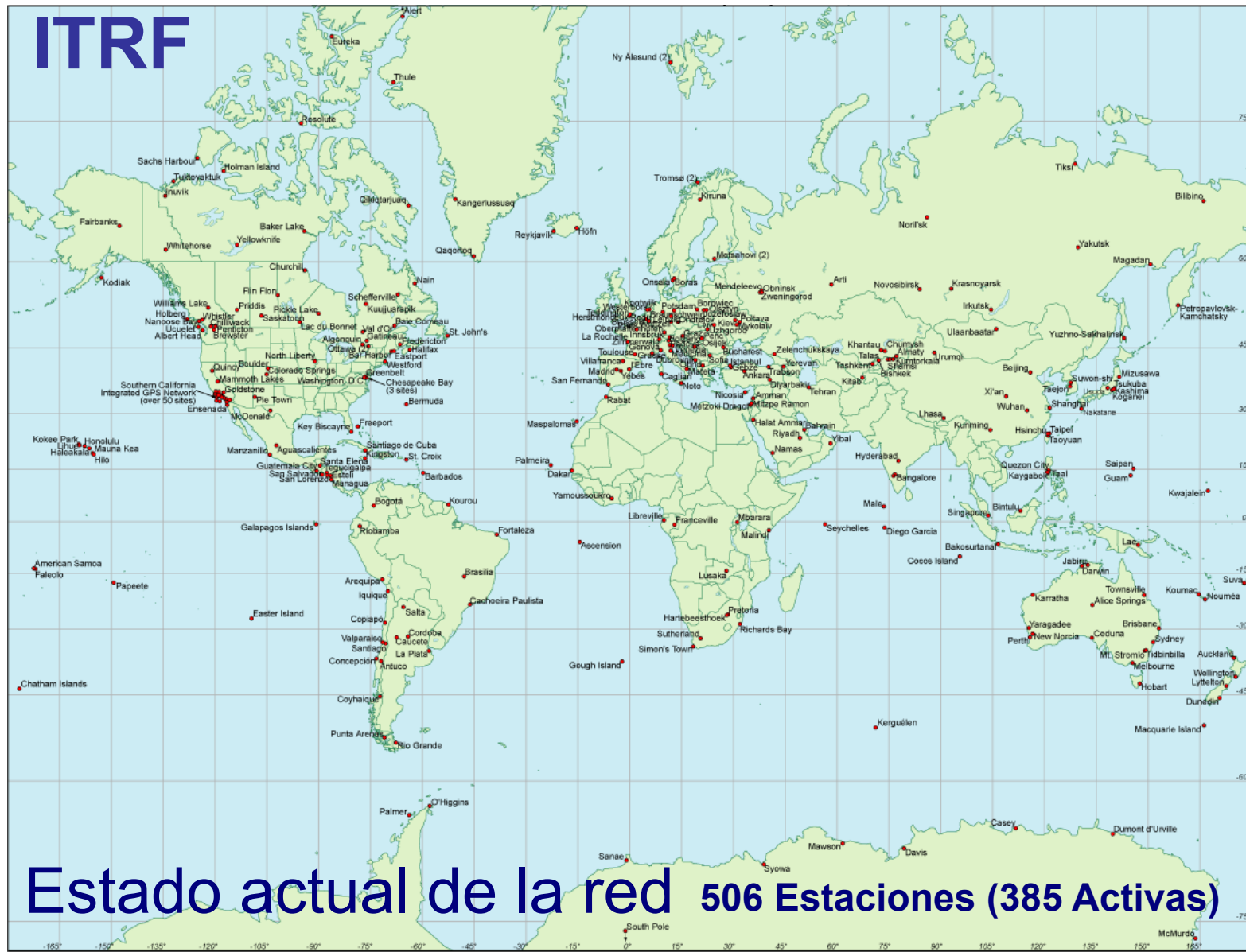
(Global Navigation Satellite System)

Determinación de la posición de un punto observando al menos 4 satélites en forma simultánea.



Satélite GPS

GPS / GNSS - Marco de Referencia Global





Transformaciones entre Sistemas de Coordenadas



Relación entre Sistemas de Coordenadas

- El sistema de coordenadas φ, λ, h es más intuitivo para su interpretación.
- El GPS trabaja en el sistema de coordenadas cartesianas geocéntricas, aunque disponga los resultados en φ, λ, h para su mejor visualización.

Relación entre Sistemas de Coordenadas

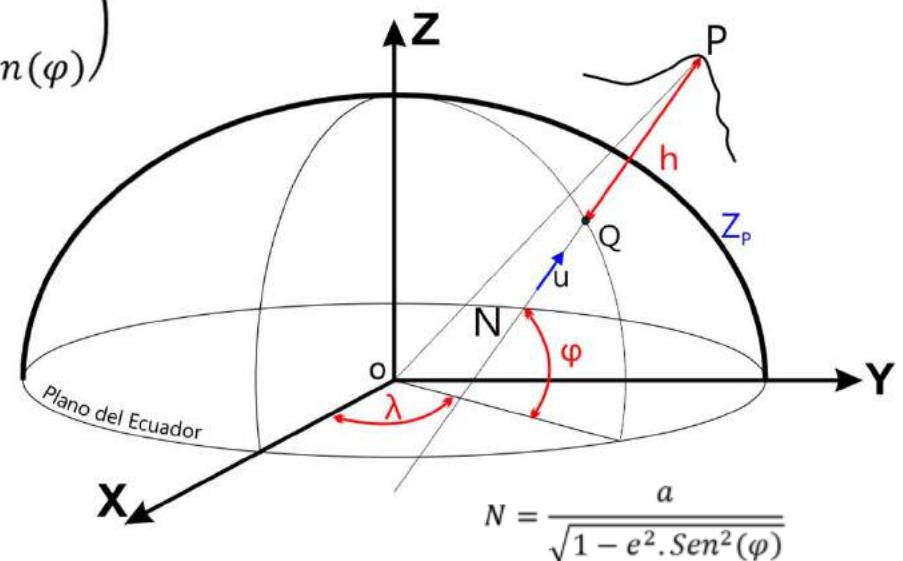
$$(X, Y, Z) \longleftarrow (\varphi, \lambda, h)$$

$$\overline{OQ} = \begin{pmatrix} XQ \\ YQ \\ ZQ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} N \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ N \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ N \cdot (1 - e^2) \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = N \cdot \bar{u} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$

$$\bar{h} = \overline{QP} = \begin{pmatrix} N \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ N \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ h \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = h \cdot \bar{u}$$

$$\overline{OP} = \overline{OQ} + \overline{QP}, \quad \text{Con lo que:}$$

$$\overline{OP} = \begin{pmatrix} X_P \\ Y_P \\ Z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (N + h) \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ (N + h) \cdot \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ [N \cdot (1 - e^2) + h] \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} = (N + h) \begin{pmatrix} \cos(\varphi) \cdot \cos(\lambda) \\ \cos(\varphi) \cdot \text{Sen}(\lambda) \\ \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ N \cdot e^2 \cdot \text{Sen}(\varphi) \end{pmatrix}$$



Relación entre Sistemas de Coordenadas

$$(\varphi, \lambda, h) \longleftarrow (X, Y, Z)$$

$$\boxed{tg(\varphi) = \frac{Z \frac{b}{a} + e^2 a \cdot \text{sen}^3(u)}{\frac{b}{a}(\rho - e^2 a \cdot \cos^3(u))}} \quad -90^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ$$

$$\boxed{tg(\lambda) = \frac{Y}{X}} \quad -180^\circ \leq \lambda \leq 180^\circ$$

$$\boxed{h = \rho \cdot \cos(\varphi) + Z \cdot \text{sen}(\varphi) - a(1 - e^2 \cdot \text{sen}^2(\varphi))^{\frac{1}{2}}}$$

Donde:

- $r = (\rho^2 + Z^2)^{\frac{1}{2}}$
- $\rho = (X^2 + Y^2)^{\frac{1}{2}}$
- $tg(u) = \frac{Z}{\rho} \cdot \left(\frac{b}{a} + e^2 \frac{a}{r} \right)$
 $-90^\circ \leq u \leq 90^\circ$

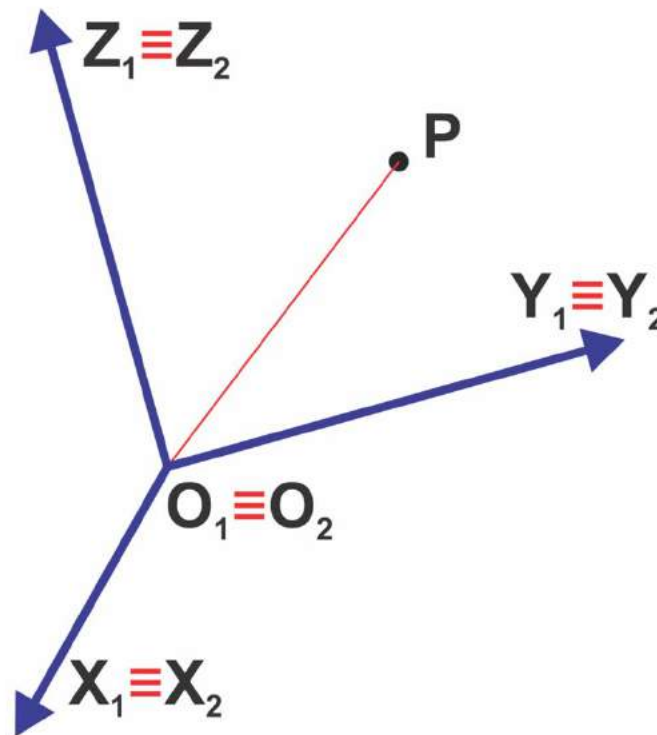
Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

El pasaje de un sistema 3D a otro, se efectúa con las siguientes operaciones:

- **Traslación** del origen O con sus tres componentes (T_x, T_y, T_z)
- **Rotación diferencial** definida por las de los ejes (R_x, R_y, R_z)
- **Factor de escala** $(1+\mu)$

Se conoce como:

Transformación de Semejanza
de 7 parámetros



Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

Transformación entre sistemas de coordenadas cartesianos

- (X_i, Y_i, Z_i) coordenadas de un punto P en el sistema "i" (con $i=1$ o 2), la transformación será, matricialmente:

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{pmatrix} + (1 + \mu)R \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix}$$

Si los diferentes sistemas no son demasiado distantes:

- T_X, T_Y, T_Z no exceden algunos centenares de metros.
- La diferencia de escala μ , es de pocas ppm (10^{-6}).
- R es una rotación infinitesimal de la forma:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & -R_Z & R_Y \\ R_Z & 1 & -R_X \\ -R_Y & R_X & 1 \end{pmatrix}$$

Transformación entre Sistemas de Coordenadas Cartesianos

Matriz L

Modelo linealizado:

$$D_X = X_2 - X_1 = T_X + 0 + 0 + \mu X_1 + 0 \cdot R_Y + R_Y Z_1 - R_Z Y_1$$

$$D_Y = Y_2 - Y_1 = 0 + T_Y + 0 + \mu Y_1 - R_X Z_1 + 0 \cdot R_Y + R_Z X_1$$

$$D_Z = Z_2 - Z_1 = 0 + 0 + T_Z + \mu Z_1 + R_X Y_1 - R_Y X_1 + 0 \cdot R_Y$$

Matriz A

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_2 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & X & 0 & Z & -Y \\ 0 & 1 & 0 & Y & -Z & 0 & X \\ 0 & 0 & 1 & Z & Y & -X & 0 \end{pmatrix}_1 \begin{pmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \\ \mu \\ R_X \\ R_Y \\ R_Z \end{pmatrix}$$

Matriz X

Matriz A

$$X = (A^t \times A)^{-1} (A^t \times L)$$

Se tendrán 3n ecuaciones, y grado de libertad (3n-7)

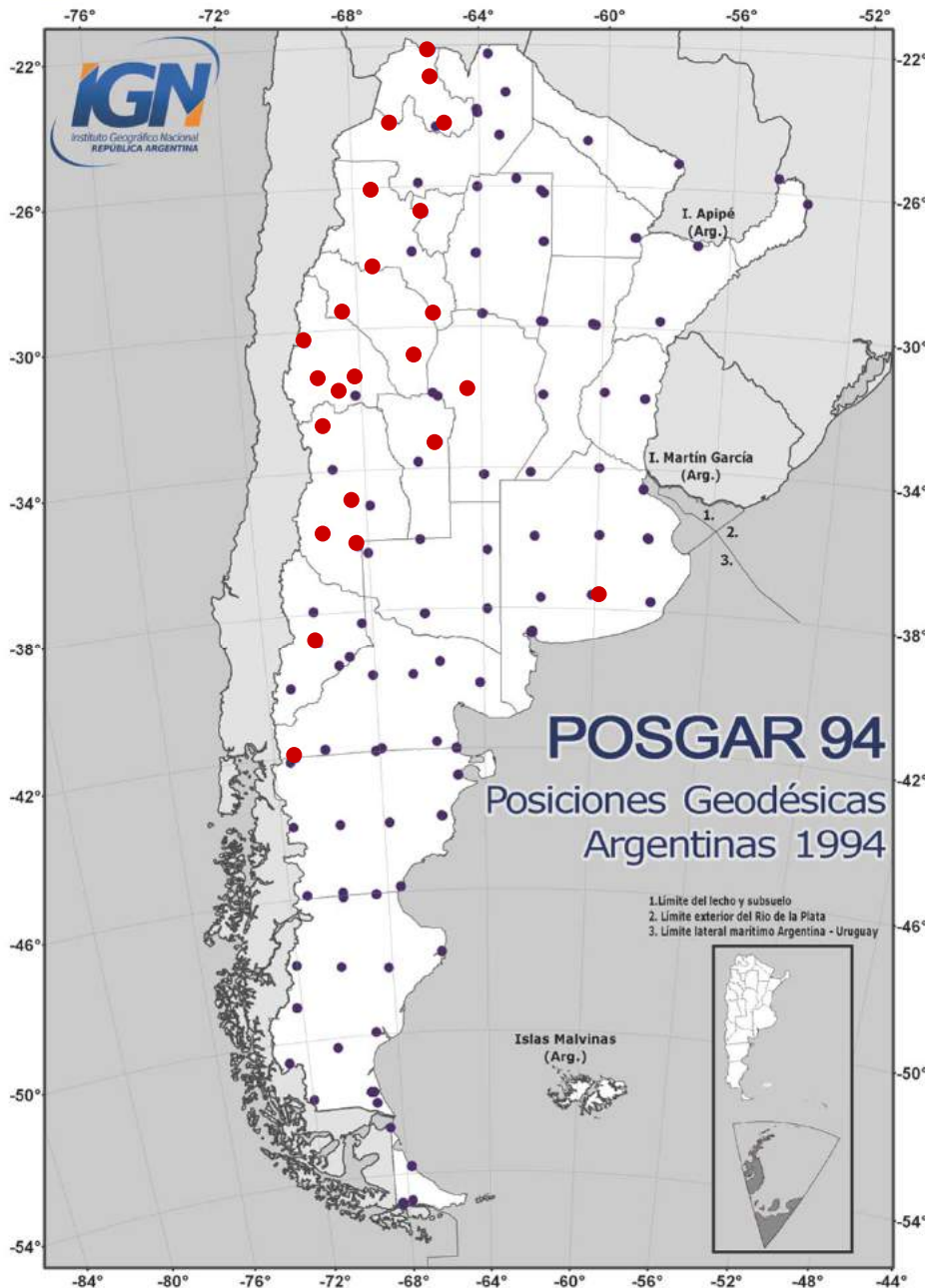


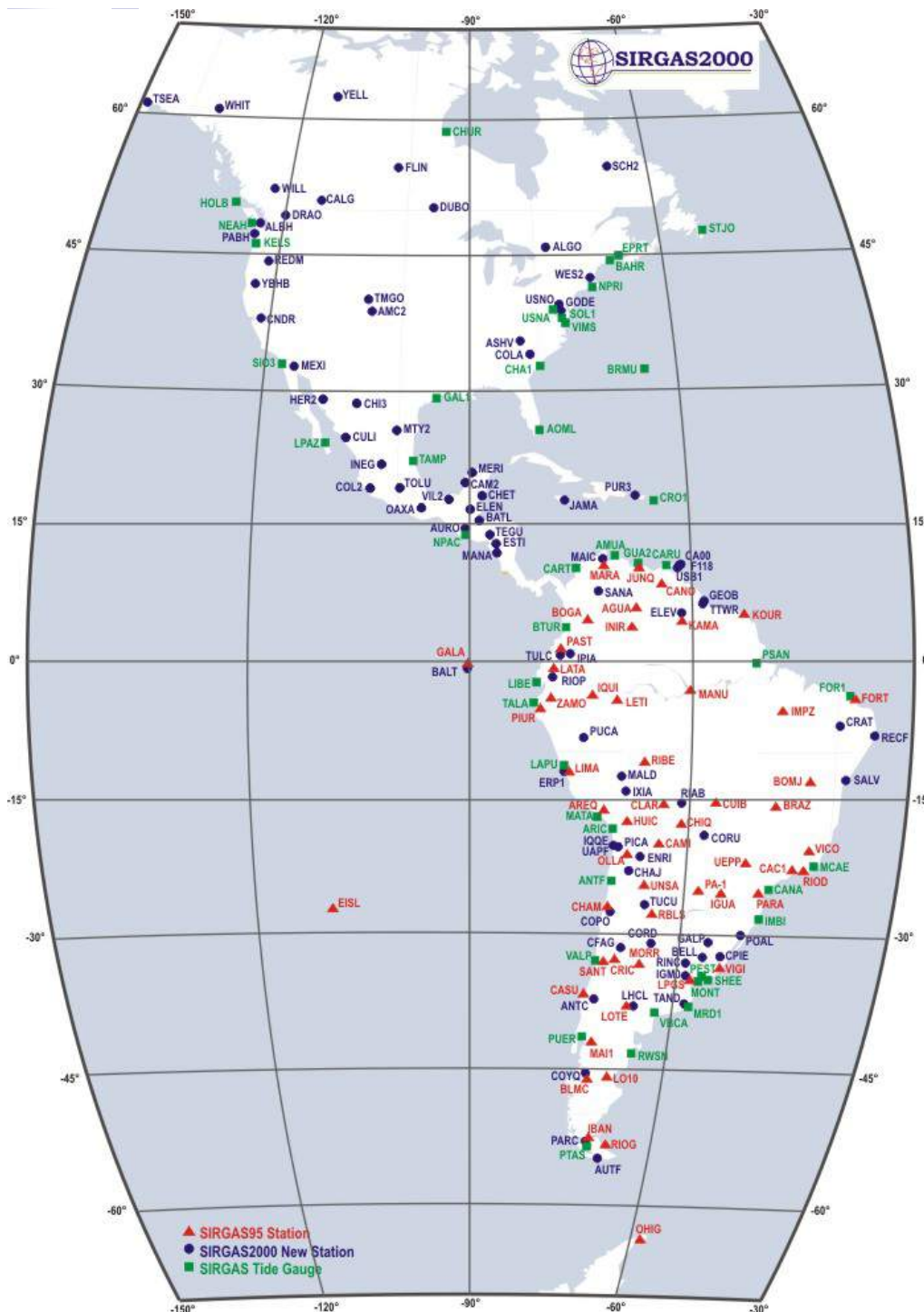
Evolución de Marcos de Referencia en Argentina

POSGAR 94

Posiciones Geodésicas Argentinas

- Medición, años 93 y 94
- 127 Puntos
 - 54 IGM
 - 23 CAP
- Procesamiento software comercial
- Vinculado a WGS84
- Oficializado por el IGM el 13 de mayo de 1997





SIRGAS

Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas

1995

- 58 Puntos en América del Sur
- 10 Puntos en Argentina

2000

- 184 Puntos en toda América
- 20 Puntos en Argentina
- 43 Mareógrafos

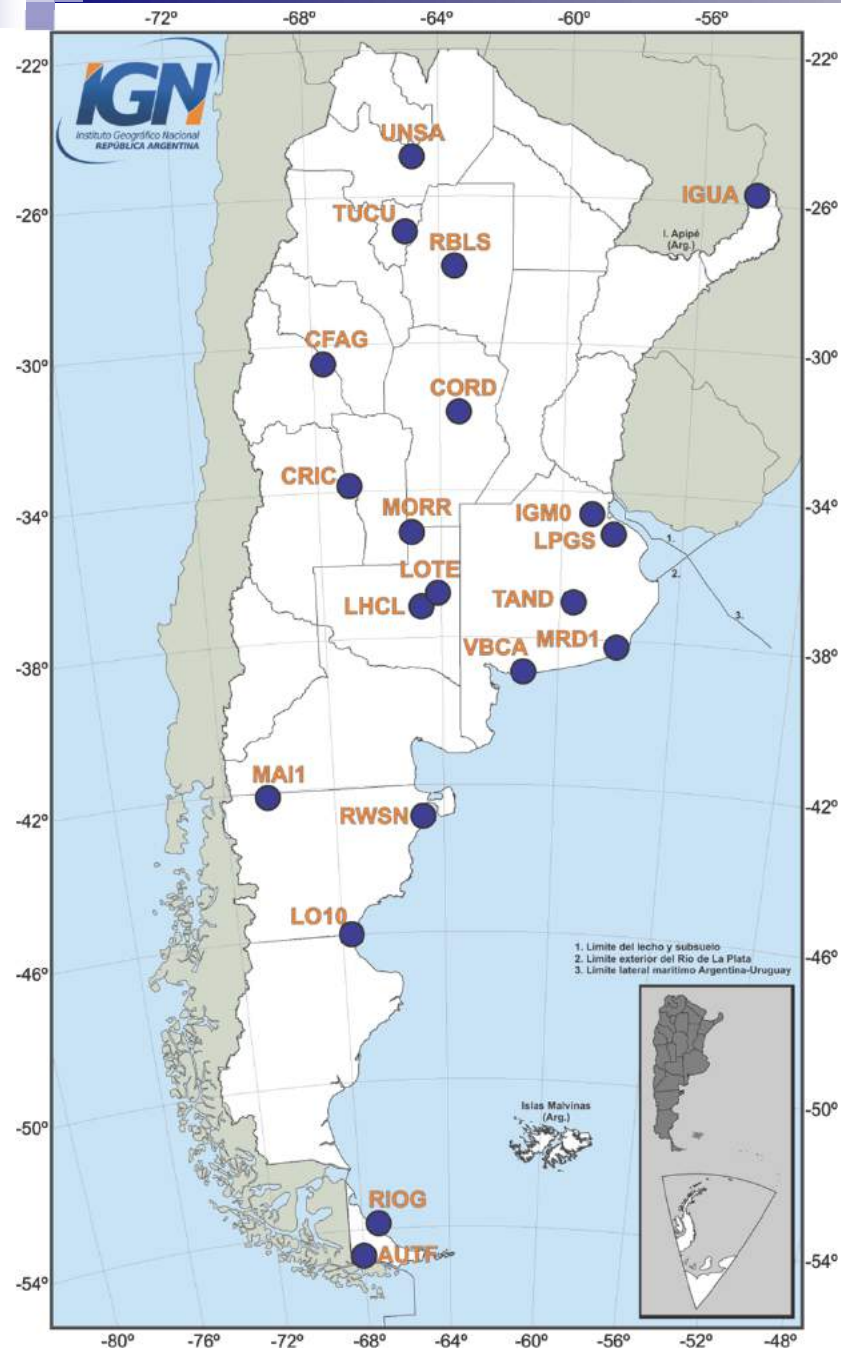
SIRGAS ARGENTINA

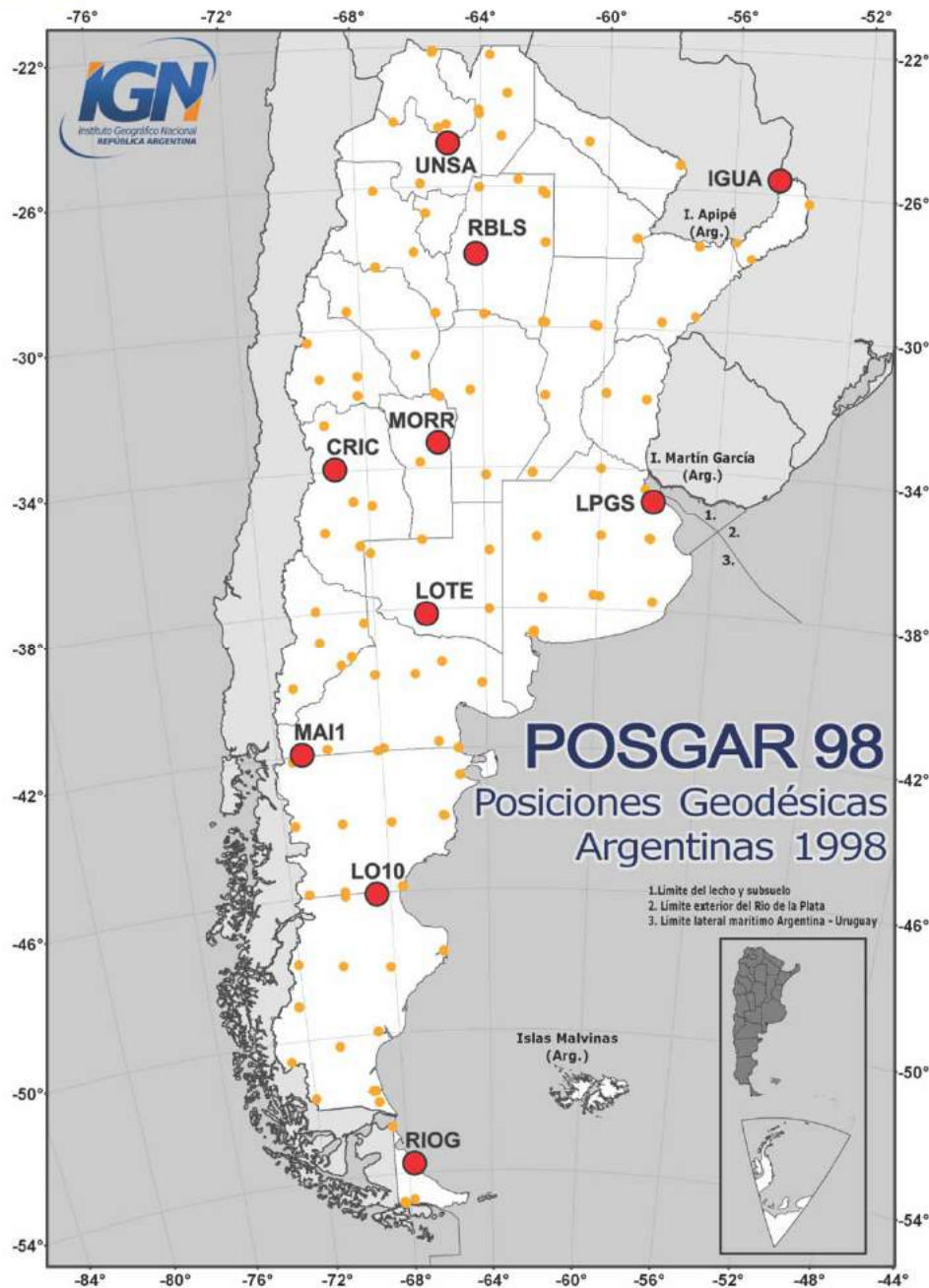
1995

- 10 Puntos en total
- 6 Puntos POSGAR

2000

- 20 Puntos en total
- 12 Estaciones Permanentes
- 3 Mareógrafos



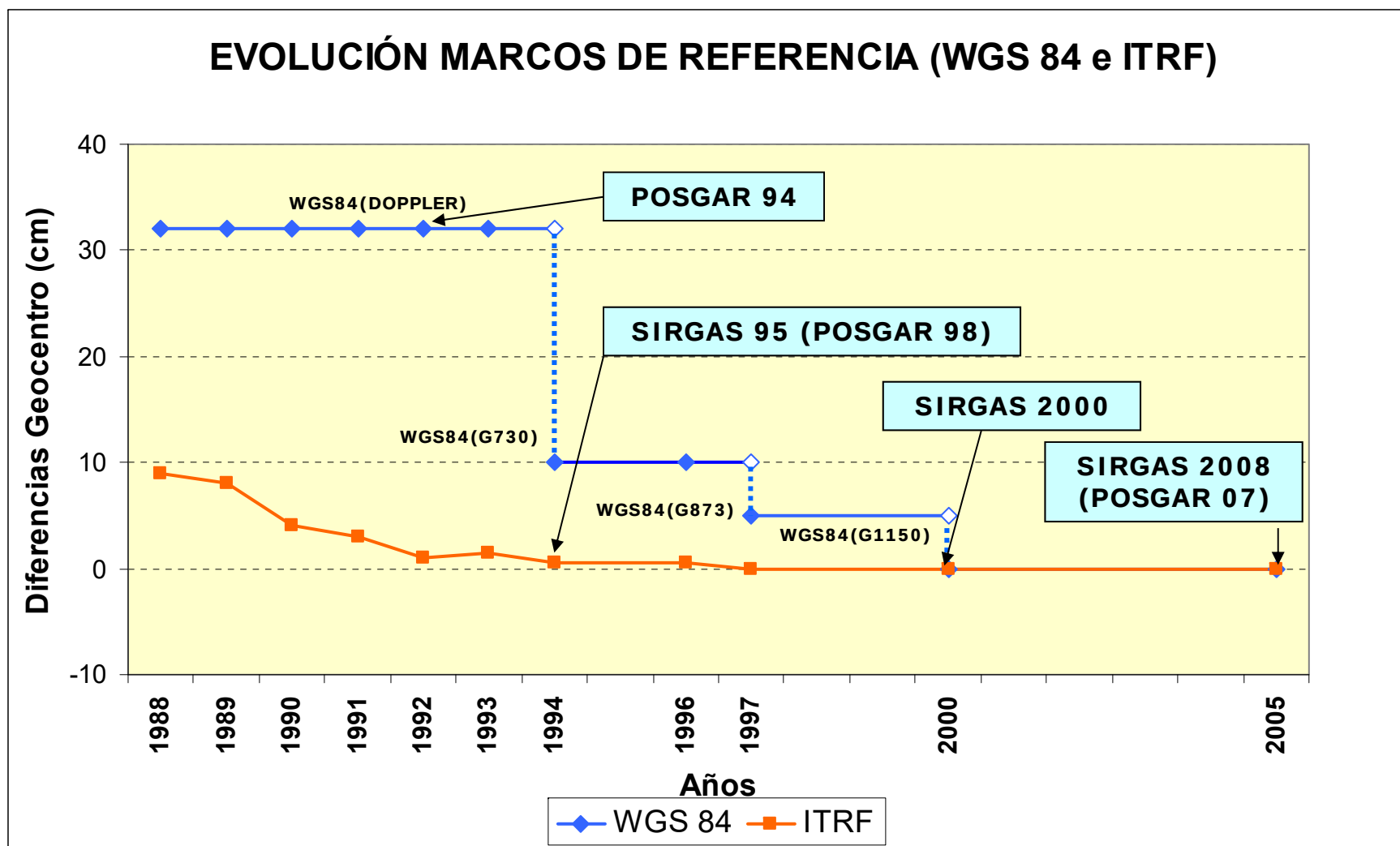


POSGAR 98

- Mediciones de POSGAR 94
- 3 Nuevos Puntos de Red
- 6 Estaciones Permanentes
- 136 Puntos
- Vinculación a ITRF 94 a través de puntos SIRGAS
- Procesamiento en software científico Bernese 4.0
- Sistema NO OFICIALIZADO por el IGM

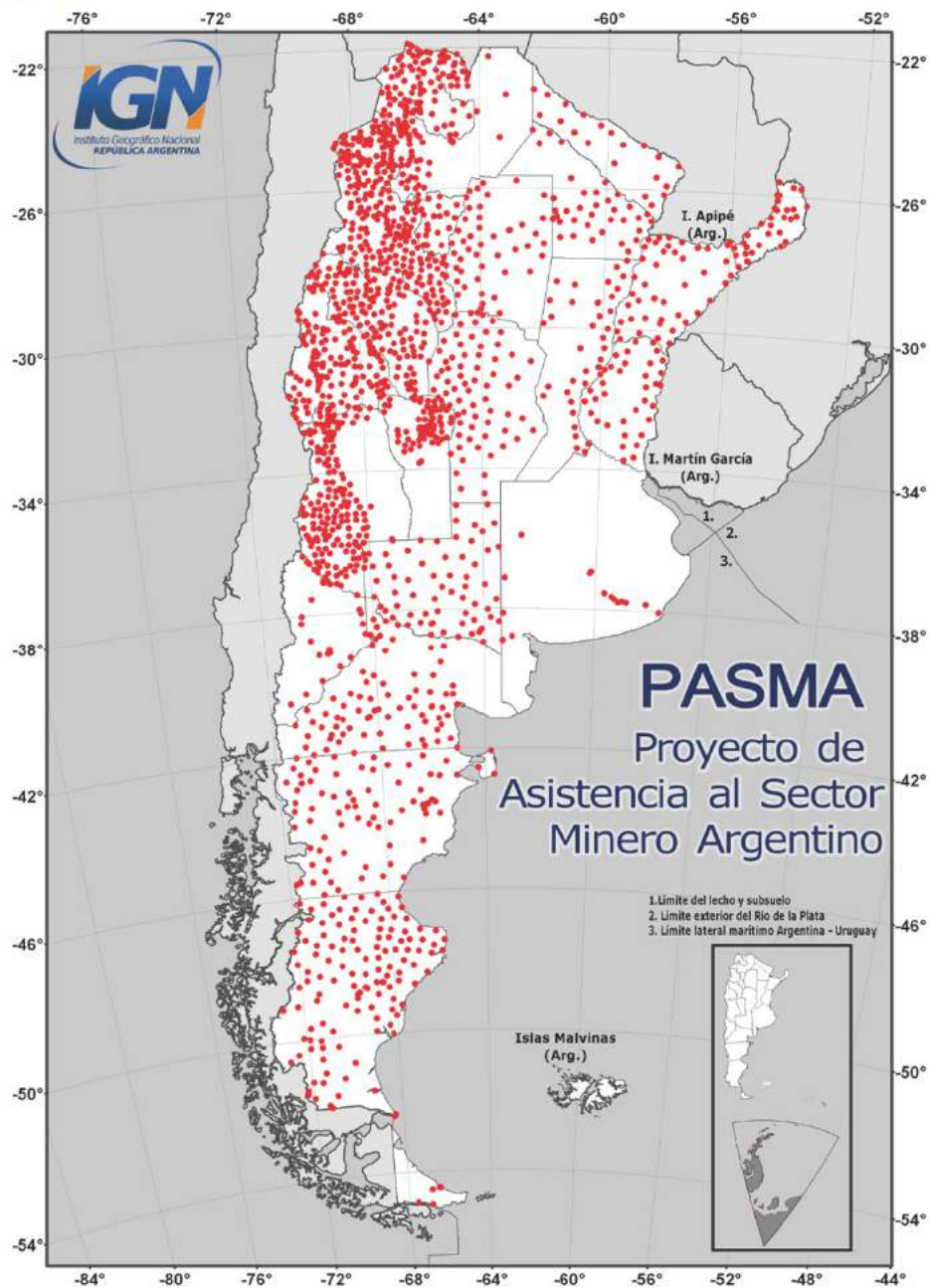
RELACIÓN ENTRE WGS 84 e ITRF

(World Geodetic System 84 – International Terrestrial Reference Frame)



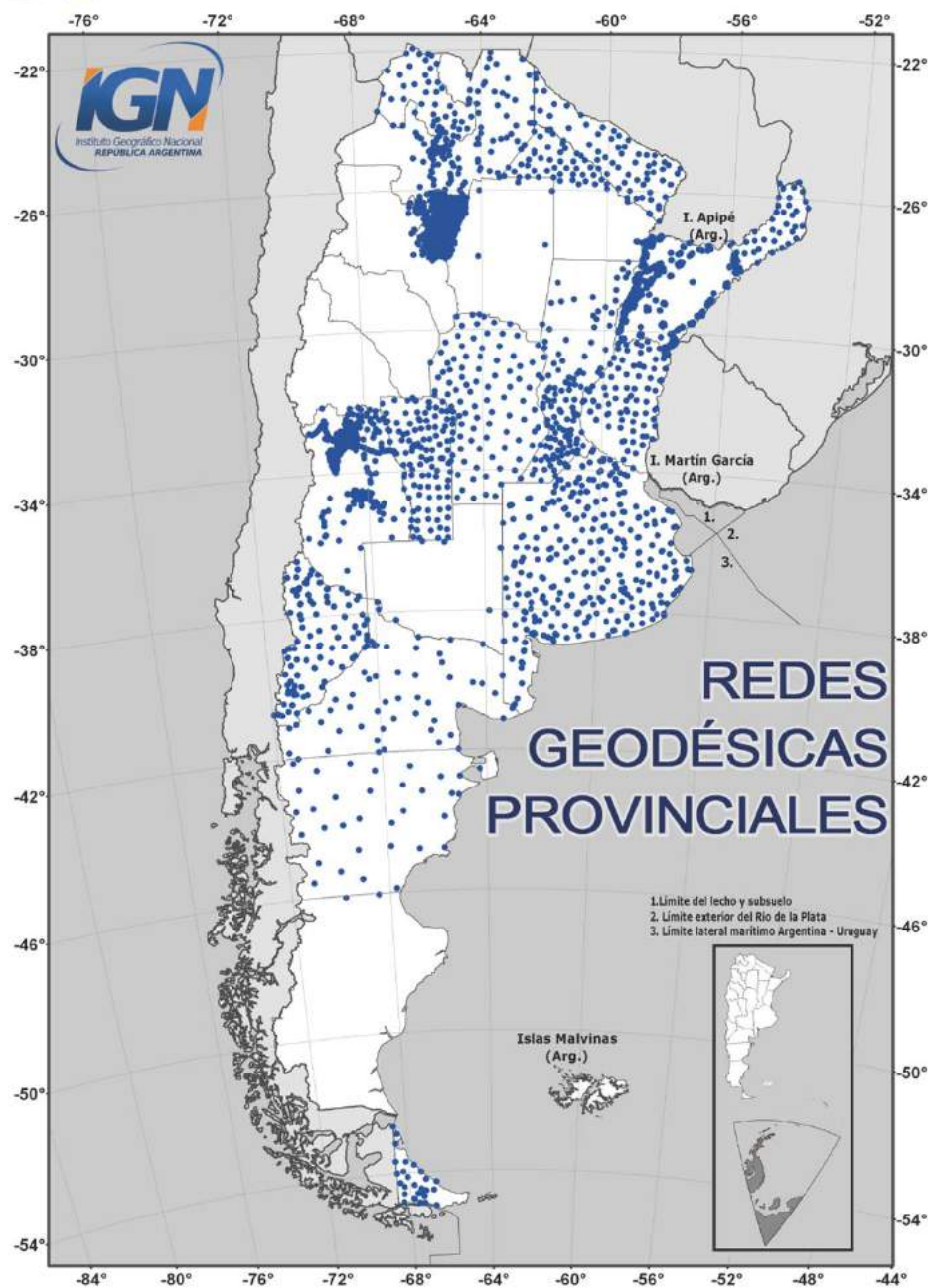
PASMA

- Proyecto de Asistencia al Sector Minero Argentino
- Medición entre los años 1997 y 2002
- Aprox. 1800 puntos
- Vinculado a **POSGAR 94**



Redes provinciales

- Aprox. 3000 puntos
- Vinculadas a **distintos** Marcos de Referencia





Marcos de Referencia en Argentina

Situación al año 2005

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
BUENOS AIRES	POSGAR 94
CÓRDOBA	POSGAR 94
CORRIENTES	POSGAR 94
ENTRE RÍOS	POSGAR 94
FORMOSA	POSGAR 94
JUJUY	POSGAR 94
MISIONES	POSGAR 94
NEUQUÉN	POSGAR 94
RÍO NEGRO	POSGAR 94
SAN JUAN	POSGAR 94
SAN LUIS	POSGAR 94
SANTIAGO DEL ESTERO	POSGAR 94

PROVINCIA	MARCO DE REFERENCIA
CATAMARCA	CAMPO INCHAUSPE
CHACO	CAMPO INCHAUSPE
LA PAMPA	CAMPO INCHAUSPE
LA RIOJA	CAMPO INCHAUSPE
SANTA CRUZ	CAMPO INCHAUSPE
SANTA FE	WGS 84
CHUBUT	SAGA
MENDOZA	POSGAR 98
SALTA	POSGAR 98
TUCUMÁN	POSGAR 98
TIERRA DEL FUEGO	TDF 95
PASMA	POSGAR 94

Necesidad de **UNIFICAR** los marcos de referencia

Marcos de Referencia Globales Modernos

Estaciones GPS
Permanentes.

Registran datos los 365
días del año.



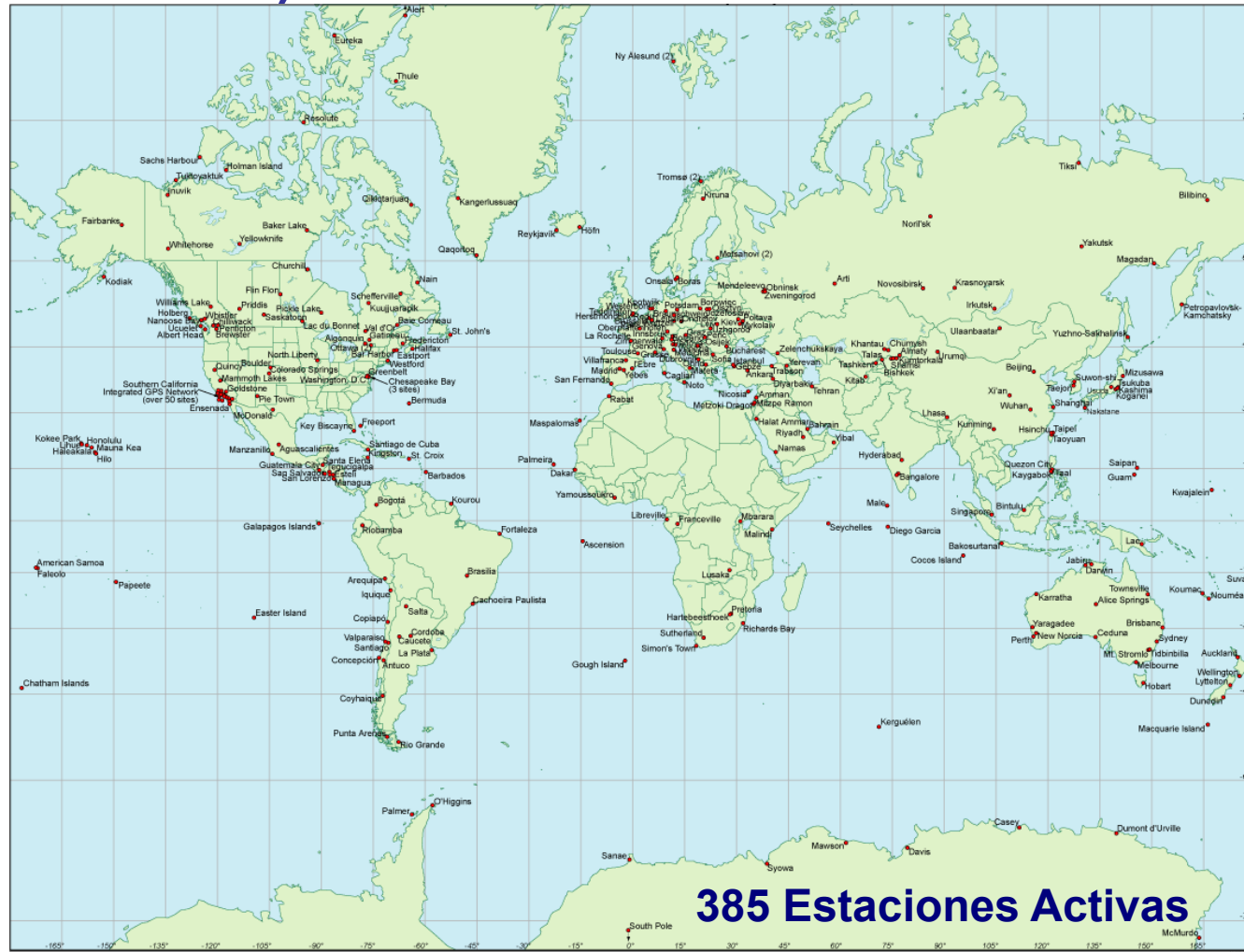
Chivilcoy, Buenos Aires

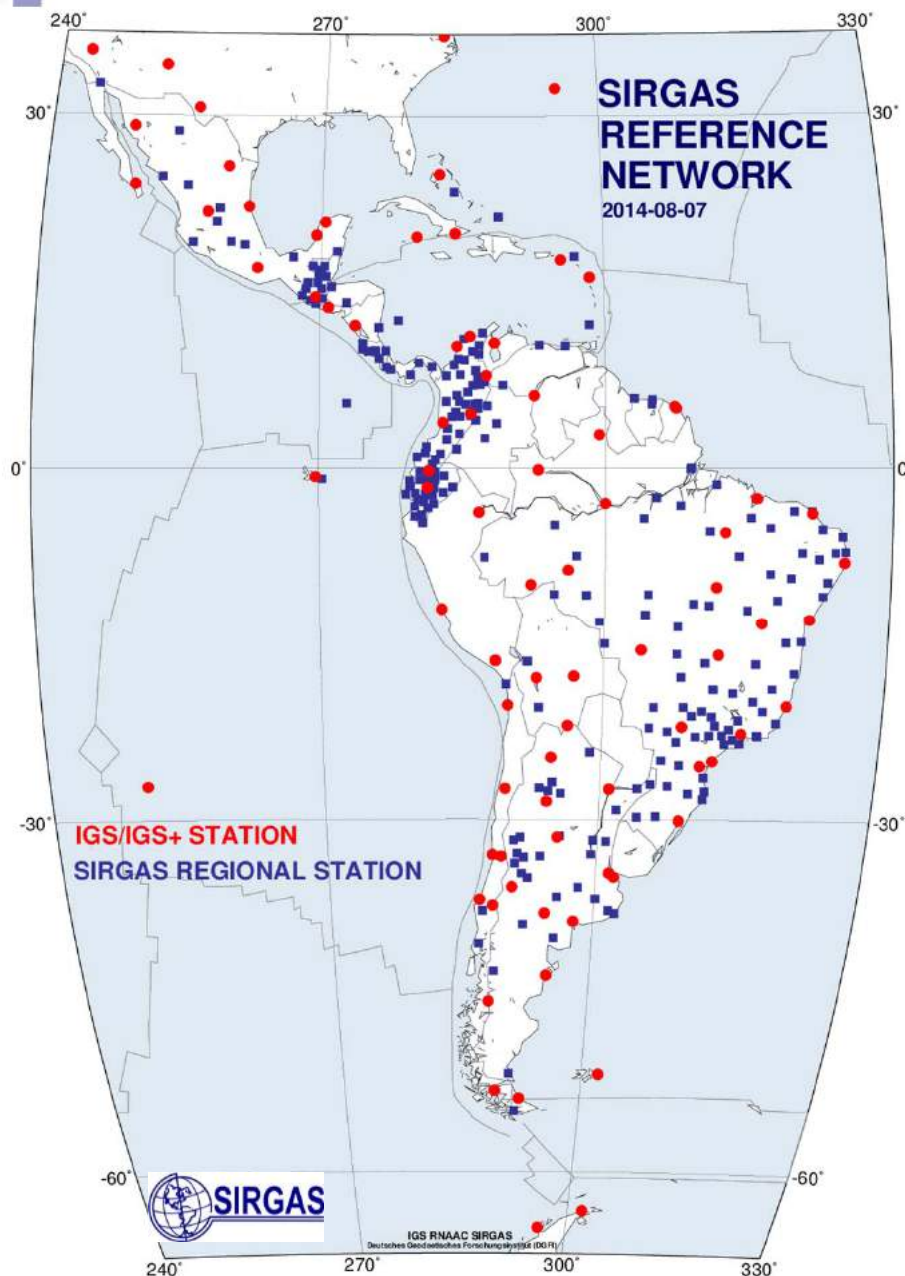


Ushuaia, Tierra del Fuego

Marcos de Referencia Globales Modernos

ITRF (Marco de Referencia Terrestre Internacional)





Marcos de Referencia Modernos

SIRGAS-CON

Red de operación continua

- 493 Estaciones GNSS Permanentes
- Densificación de **ITRF**
- Constituida principalmente por el aporte de Instituciones Nacionales y Provinciales (Catastros), Universidades, Consejos Profesionales y Empresas Privadas.
- 55 estaciones argentinas



SIRGAS-CON-D SUR

Aproximadamente 100 Estaciones GNSS Permanentes que componen la Red Sur.

Estaciones Argentinas que todavía están en proceso de incorporación a SIRGAS.

Puntos de la Red POSGAR 07.

Estrategia de procesamiento adaptada a los requerimientos de SIRGAS.

RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo



The screenshot shows the official website of RAMSAC (Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo). The header features the IGN logo (Instituto Geográfico Nacional, República Argentina) and the emblem of the Ministry of Defense, Presidency of the Nation. Navigation tabs include 'Nuestro Instituto', 'Nuestras Actividades', and 'Nuestros Servicios'. The main content area is divided into three columns. The left column contains a search bar, 'ACCESOS RÁPIDOS' (Products and services, Downloads, Useful links), and an 'INTRODUCCIÓN' section. The center column features a large 'RAMSAC' logo and a detailed introduction paragraph. The right column has a 'RAMSAC' menu with links to 'Introducción', 'Historia', 'Descarga de archivos RINEX', 'Estado de las estaciones permanentes', 'Mapa de la red', 'Estadísticas de descarga', 'Consultas Frecuentes', and 'Documentación Técnica'. Below this is a 'TE PUEDE INTERESAR...' section with links to 'Introducción', 'Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco', 'Taller de marcos de referencia geodésico para catastro', 'Introducción', 'Estado de Estaciones GNSS Permanentes', 'Descarga de archivos RINEX', 'Red POSGAR 94', and 'RAMSAC - Descarga de'.

IGN Instituto Geográfico Nacional
REPÚBLICA ARGENTINA

Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación

Nuestro Instituto Nuestras Actividades Nuestros Servicios

BÚSQUEDA

ACCESOS RÁPIDOS

Productos y servi... ▼

Descargas... ▼

Enlaces útiles ▼

INTRODUCCIÓN

RAMSAC

Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

El Marco de Referencia Geodésico Nacional constituye la base fundamental sobre la que se apoya toda la cartografía del País. Sin marco de referencia no hay cartografía posible.

Sobre este marco de referencia desarrollan sus tareas las **Provincias, Municipios, Catastros, empresas públicas, privadas y usuarios particulares**.

Los marcos de referencia en la actualidad están siendo definidos con mucha precisión a través de las **estaciones permanentes instaladas por todo el planeta**, las que reciben en forma continua datos provenientes de las constelaciones de satélites **NAVSTAR** y **GLONASS**. El Sistema se lo denomina por sus siglas en inglés **GNSS** (Global Navigation Satellite System), y las estaciones son las que materializan los marcos de referencia a nivel mundial.

En consistencia con la tendencia

El Marco de Referencia Geodésico Nacional constituye la base fundamental sobre la que se apoya toda la cartografía del País. Sin marco de referencia no hay cartografía posible.

RAMSAC

Introducción

Historia

Descarga de archivos RINEX

Estado de las estaciones permanentes

Mapa de la red

Estadísticas de descarga

Consultas Frecuentes

Documentación Técnica

TE PUEDE INTERESAR...

Introducción

Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco

Taller de marcos de referencia geodésico para catastro

Introducción

Estado de Estaciones GNSS Permanentes

Descarga de archivos RINEX

Red POSGAR 94

RAMSAC - Descarga de

RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

The screenshot displays the RAMSAC website interface. At the top, there is a header with the IGN logo, social media icons, and navigation links: "Nuestro Instituto", "Nuestras Actividades", and "Nuestros Servicios". The main content area is divided into three columns. The left column contains a search bar, "ACCESOS RÁPIDOS" (Products and services, Downloads, Useful links), and a "BÚSQUEDA" section. The middle column features a "DESCARGA DE ARCHIVOS RINEX" section with instructions on how to download files and a red box highlighting the email address sbruzzone@ign.gob.ar (Santiago Bruzzone). Below this is a "Seleccione el Intervalo:" dropdown set to "15 segundos". The right column has a "RAMSAC" section with links to "Introducción", "Descarga de archivos RINEX", "Estado de las estaciones permanentes", "Mapa de la red", "Estadísticas de descarga", "Consultas frecuentes", and "Documentación técnica". At the bottom, there is a "TE PUEDE INTERESAR..." section with links to "Introducción", "Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco", "Taller de marcos de referencia geodésico para catastro", "Introducción", "Estado de Estaciones GNSS Permanentes", and "Descarga de archivos RINEX".

BÚSQUEDA

DESCARGA DE ARCHIVOS RINEX

Para descargar los archivos de las estaciones seleccione las mismas de acuerdo al nombre y luego indique el formato de fecha o día GPS que desea bajar.
Ante la ausencia de algún archivo envíe un mail a la siguiente dirección
sbruzzone@ign.gob.ar (Santiago Bruzzone)

Seleccione el Intervalo: 15 segundos

Estaciones Disponibles

- 25MA
- 3ARO
- ABRA
- ALUM
- AUTF
- AZUL
- BCAR
- BCH1
- BCHE
- BORG

Estaciones Elegidas

RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo



ARGENTINA
200 AÑOS DE
INDEPENDENCIA



Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación



Nuestro Instituto

Nuestras Actividades

Nuestros Servicios

BÚSQUEDA

ir

ESTADO DE ESTACIONES GNSS
PERMANENTES

ACCESOS
RÁPIDOS

Productos y servicios ▾

Descargas... ▾

Enlaces útiles ▾

Est.	Último Archivo	Fecha	Interv. [seg.]	Estado
25MA	25ma181m.16d.Z	29/06/2016 12:00:00	01	ONLINE
3ARO	3aro181m.16d.Z	29/06/2016 12:00:00	01	ONLINE
ABRA	abra181m.16d.Z	29/06/2016 12:00:00	01	ONLINE
ALUM	alum023w.16d.Z	23/01/2016 22:00:00	01	FUERA DE FUNCIONAMIENTO
AUTF	autf179w.16d.Z	27/06/2016 22:00:00	01	ONLINE
AZUL	azul1800.16d.Z	28/06/2016 00:00:00	05	ONLINE
BCAR	bcar181m.16d.Z	29/06/2016 12:00:00	01	ONLINE
BCH1	bch1181m.16d.Z	29/06/2016 12:00:00	01	ONLINE

RAMSAC

Introducción

Descarga de archivos RINEX

Estado de las estaciones permanentes

Mapa de la red

Estadísticas de descarga

Consultas frecuentes

Documentación técnica

TE PUEDE INTERESAR...

Introducción

Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco

Taller de marcos de referencia geodésico para catastro

Introducción

Estado de Estaciones GNSS Permanentes

Descarga de archivos RINEX

RAMSAC - Red Argentina de Monitoreo Satelital Continuo

RUFI	rufi2240.14d.Z	12/08/2014 00:00:00	05	SIN NOVEDAD
RWSN	rwsn2250.14d.Z	13/08/2014 14:00:00	01	ONLINE
SANT	sant106a.13d.Z	16/04/2013 00:00:00	01	FUERA DE FUNCIONAMIENTO
SBAL	sbal2250.14d.Z	13/08/2014 14:00:00	01	ONLINE
SL01	sl01219w.14d.Z	07/08/2014 22:00:00	01	OFFLINE
SPRZ	sprz2240.14d.Z	12/08/2014 00:00:00	05	ONLINE

■ ONLINE | ■ SIN NOVEDAD | ■ OFFLINE | ■ FUERA DE FUNCIONAMIENTO

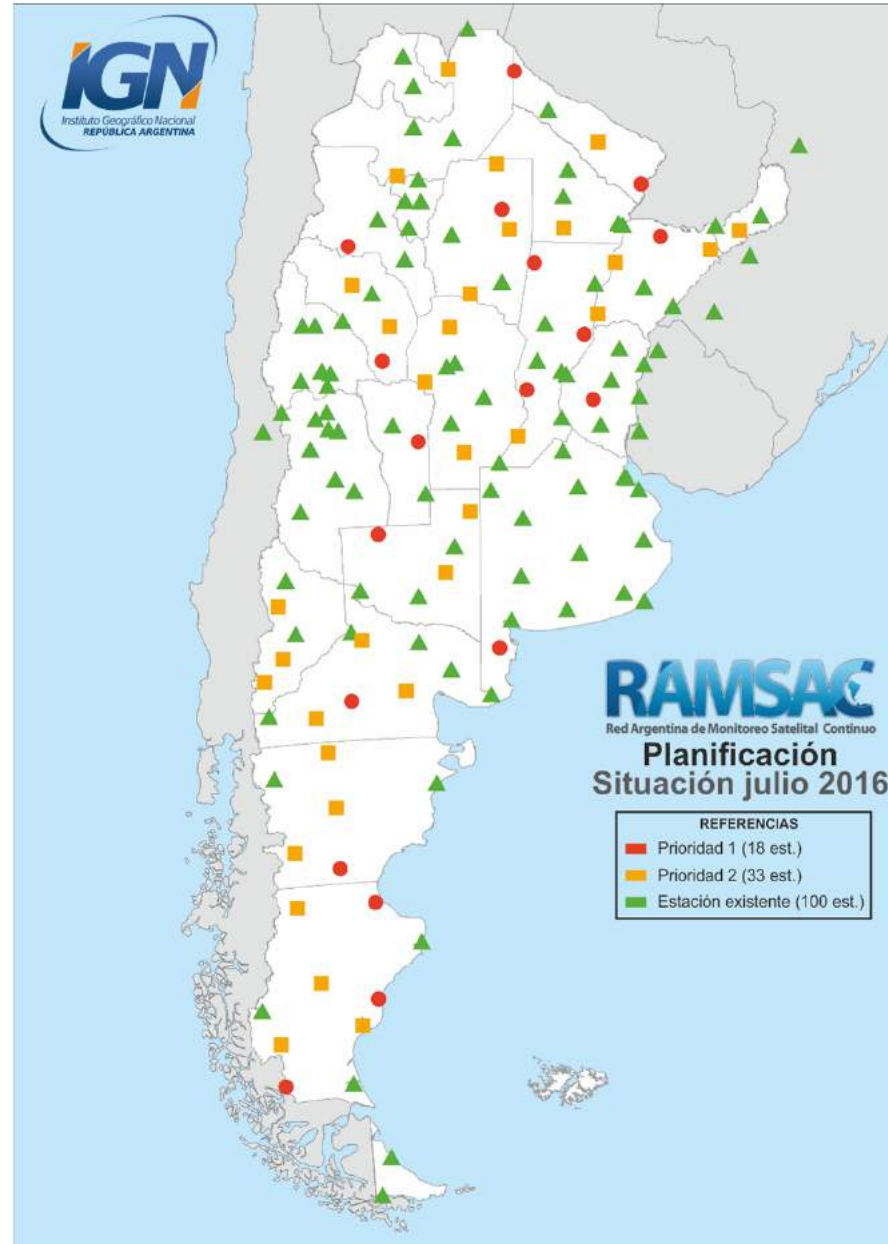
El estado **ONLINE** indica que la estación está registrando datos y se puede acceder a ellos.

El estado **SIN NOVEDAD** se refiere a que no se han tenido noticias de anomalías por parte de los administradores locales. En caso de recibir notificación negativa de alguna estación se colocará en el estado FUERA DE FUNCIONAMIENTO.

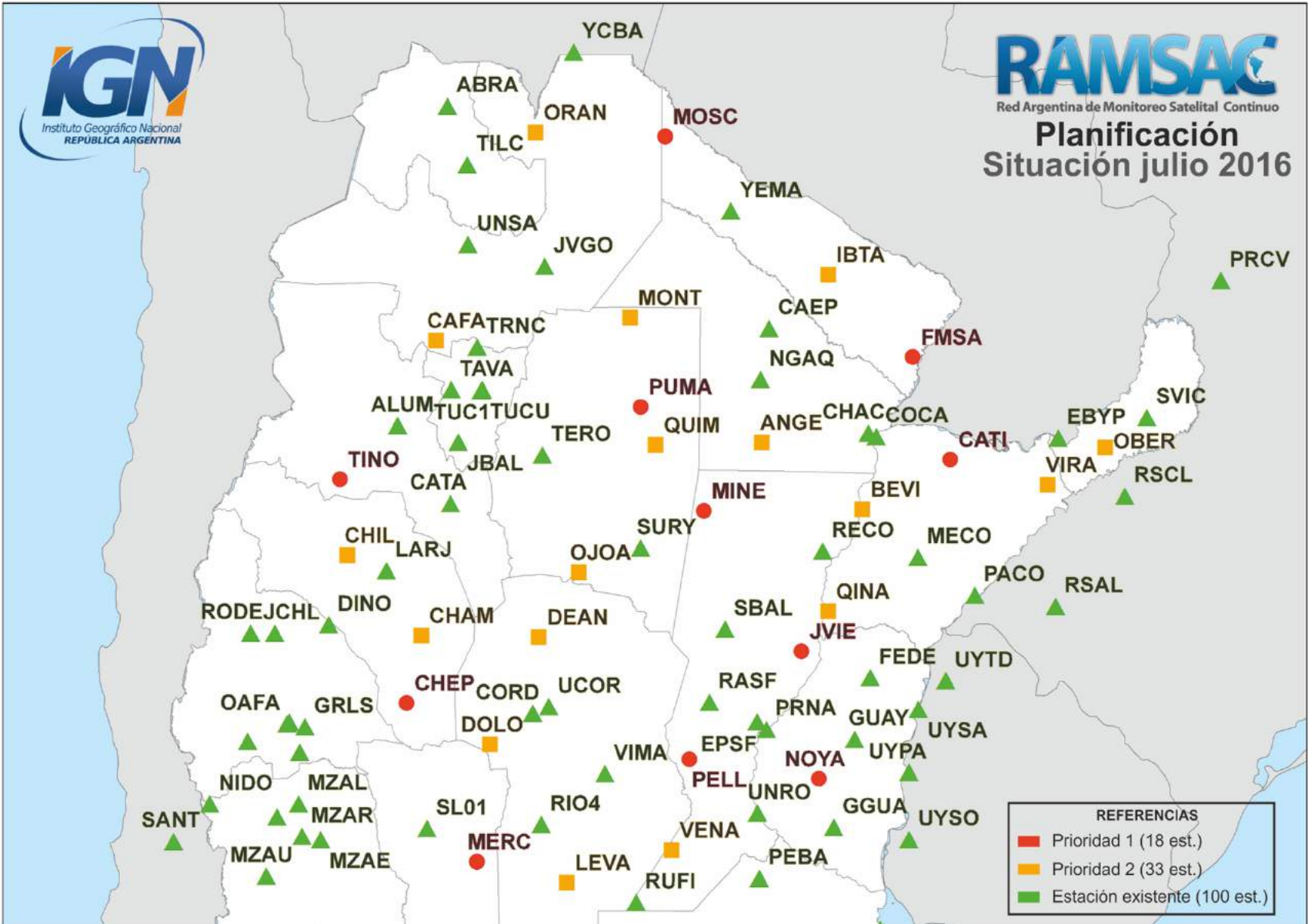
El estado **OFFLINE** indica que la estación puede o no estar registrando datos pero se ha perdido la conexión momentaneamente para poder acceder a la misma.

El estado **FUERA DE FUNCIONAMIENTO** se refiere a que la estación no está registrando momentaneamente datos.

Futuro de RAMSAC



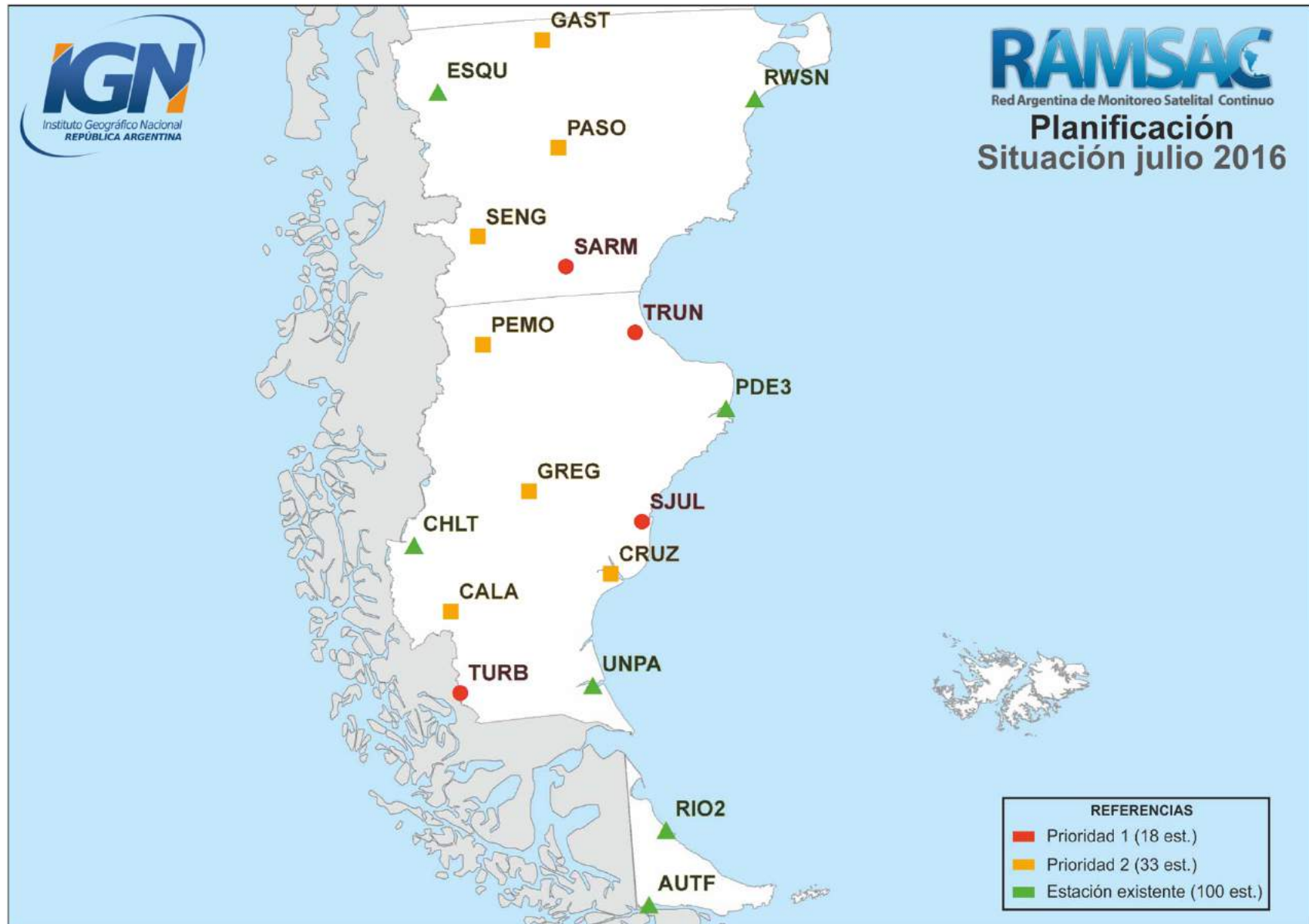
Response	Percentage
Yes, the current government is responsible	92%
No, the current government is not responsible	8%



Age Group	Percentage
18-24	18%
25-34	22%
35-44	15%
45-54	12%
55-64	10%
65-74	8%
75-84	5%
85+	3%



Futuro de RAMSAC - Sur





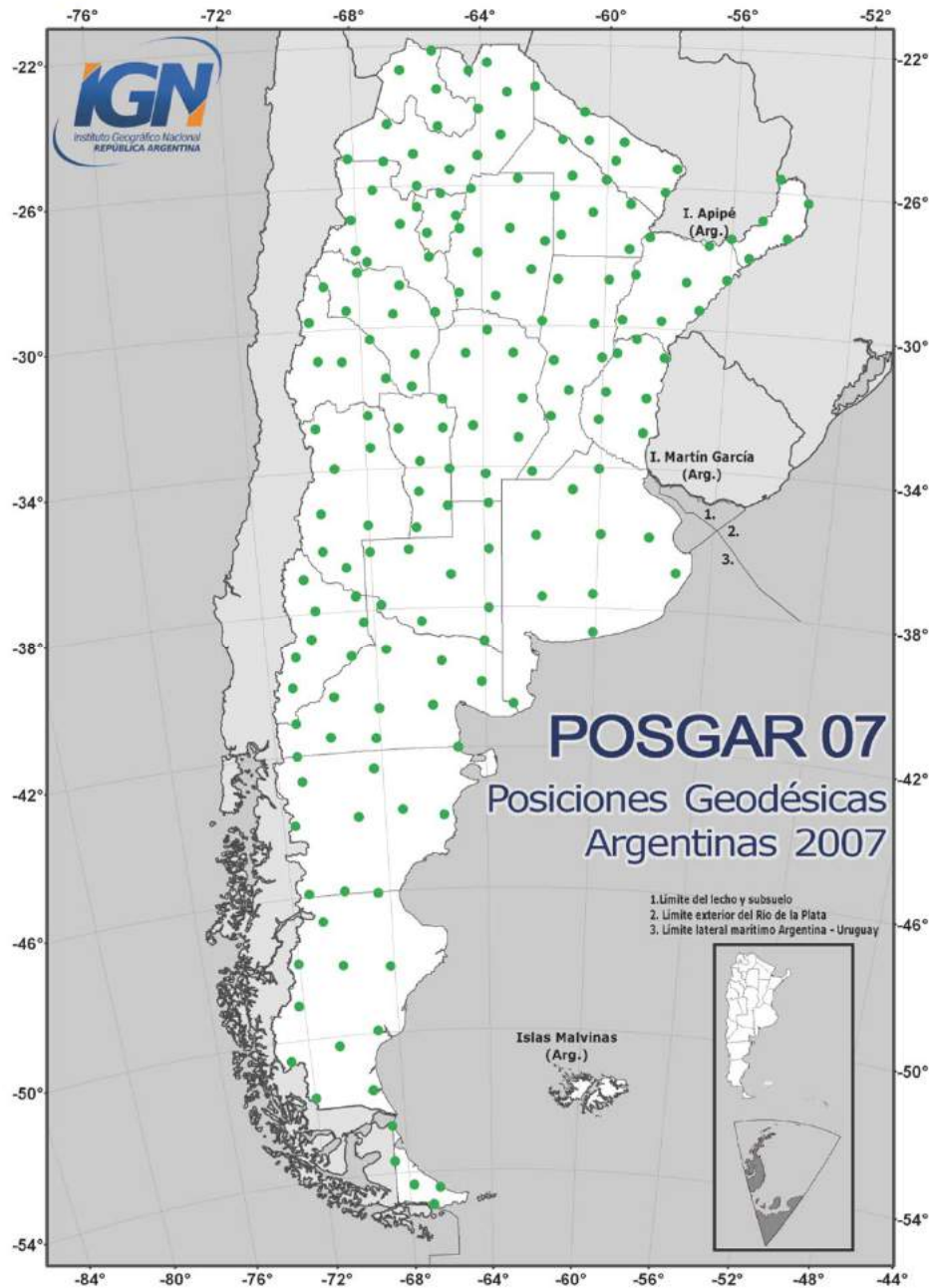
Marcos de Referencia

ITRF → SIRGAS → POSGAR 07

Año 2005 se comienza a medir una nueva red denominada **POSGAR 07** (Posiciones Geodésicas Argentinas del año 2007)

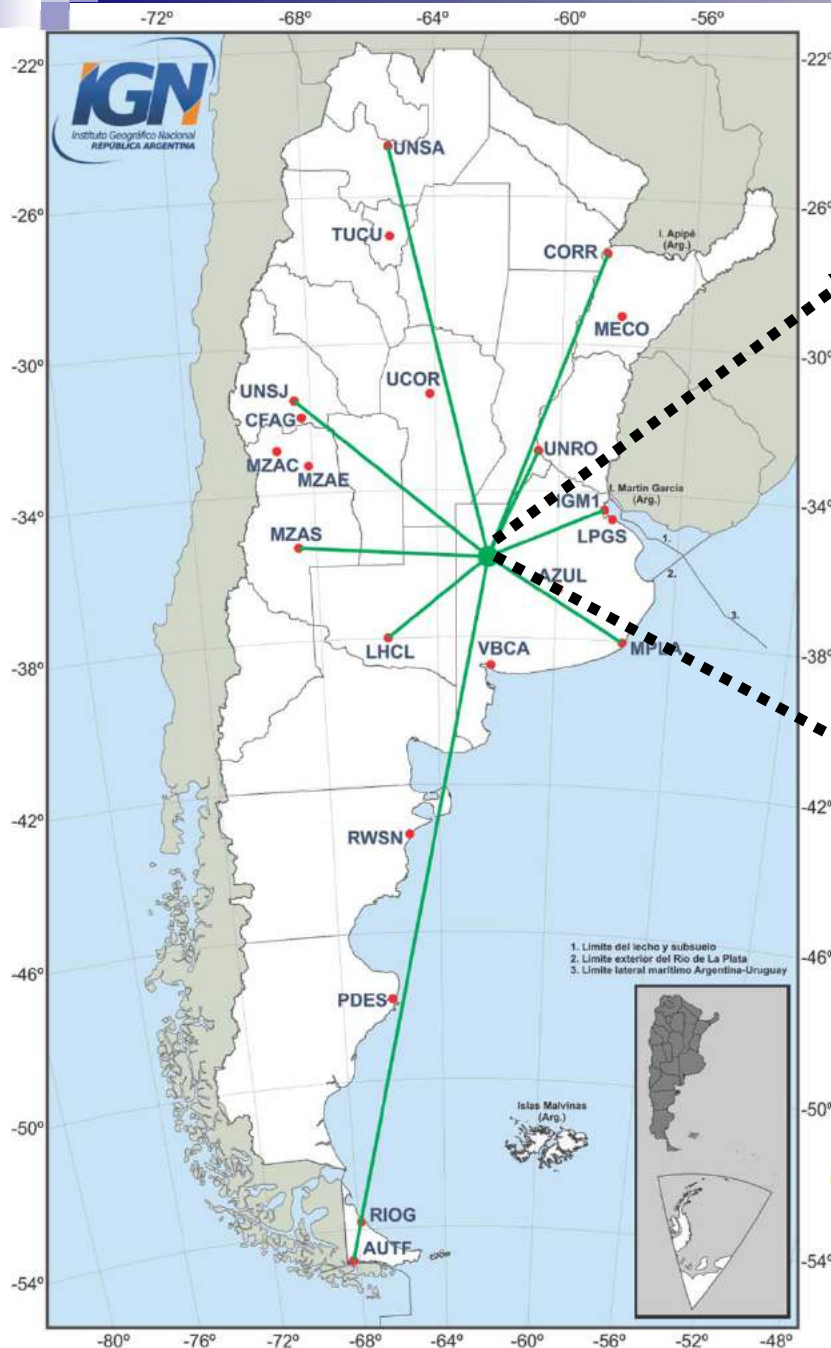
Remedición de la Red POSGAR

- 130 puntos de la Red POSGAR original
- 48 nuevos puntos distribuidos en las provincias
- Un total de 178 puntos de la nueva Red POSGAR en el marco ITRF 2005
- Aprox. 7 puntos por provincia (POSGAR, PASMA y Redes Provinciales)



POSGAR 07

- 36 horas de medición sobre puntos de redes PASMA o Provinciales
- Radiaciones de 3 horas sobre otros puntos próximos también pertenecientes a las redes PASMA o Provinciales



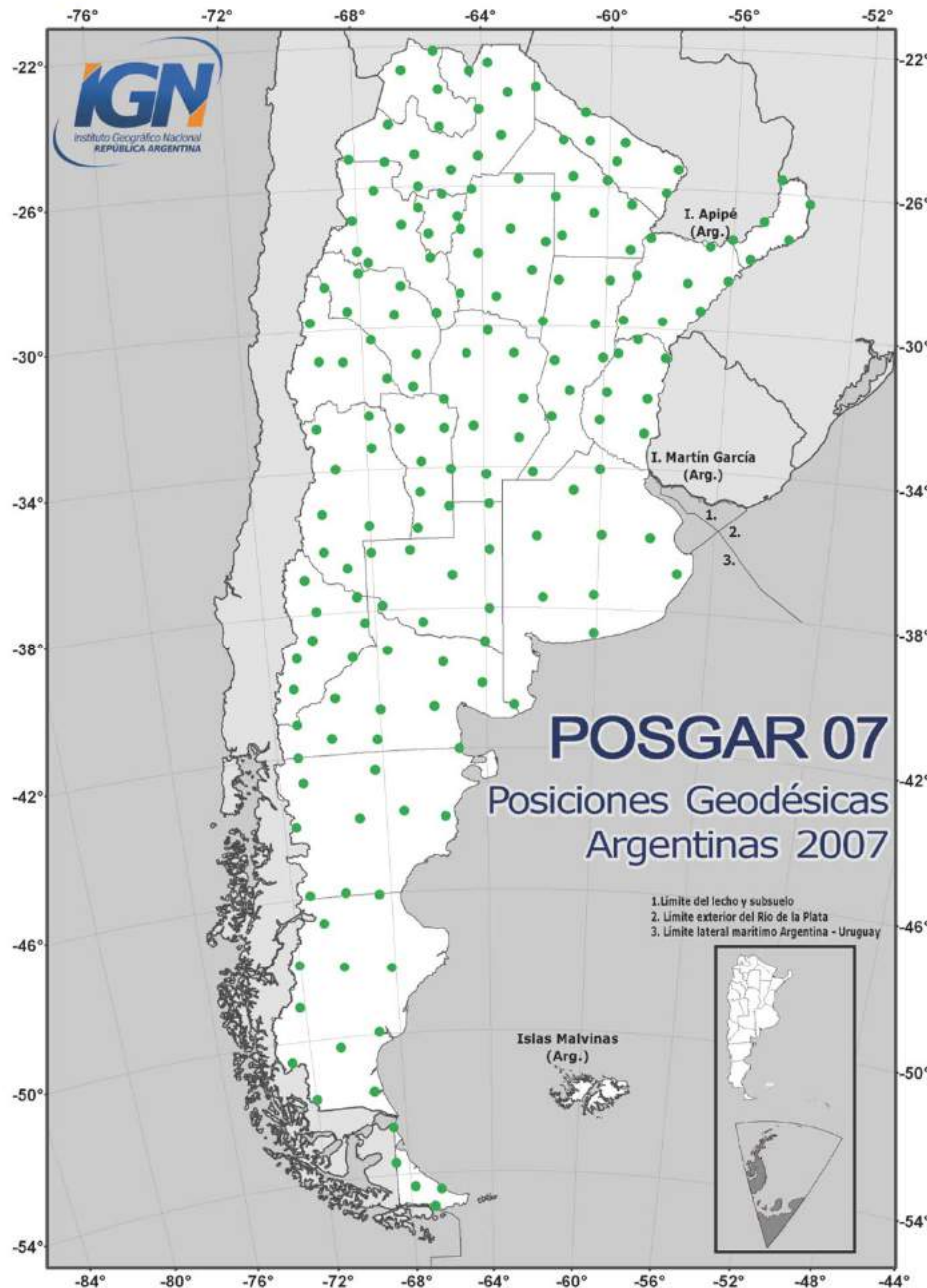


POSGAR 07

- La medición se realizó desde junio del año 2005 hasta octubre de 2007.
- 178 puntos con coordenadas en un Marco de Referencia **ÚNICO** y homogéneo.
- Desde los 178 puntos se midieron 436 puntos adicionales, que permitieron determinar la integración de cada una de las redes Provinciales y PASMA.
- Se oficializó el 15 de mayo del año 2009.

POSGAR 07

- 86 estaciones GPS permanentes (RAMSAC)
- 178 puntos de primer orden
- Aprox. 4500 puntos pertenecientes a redes PASMA y Provinciales
- Se procesó utilizando el software científico **GAMIT-GLOBK**





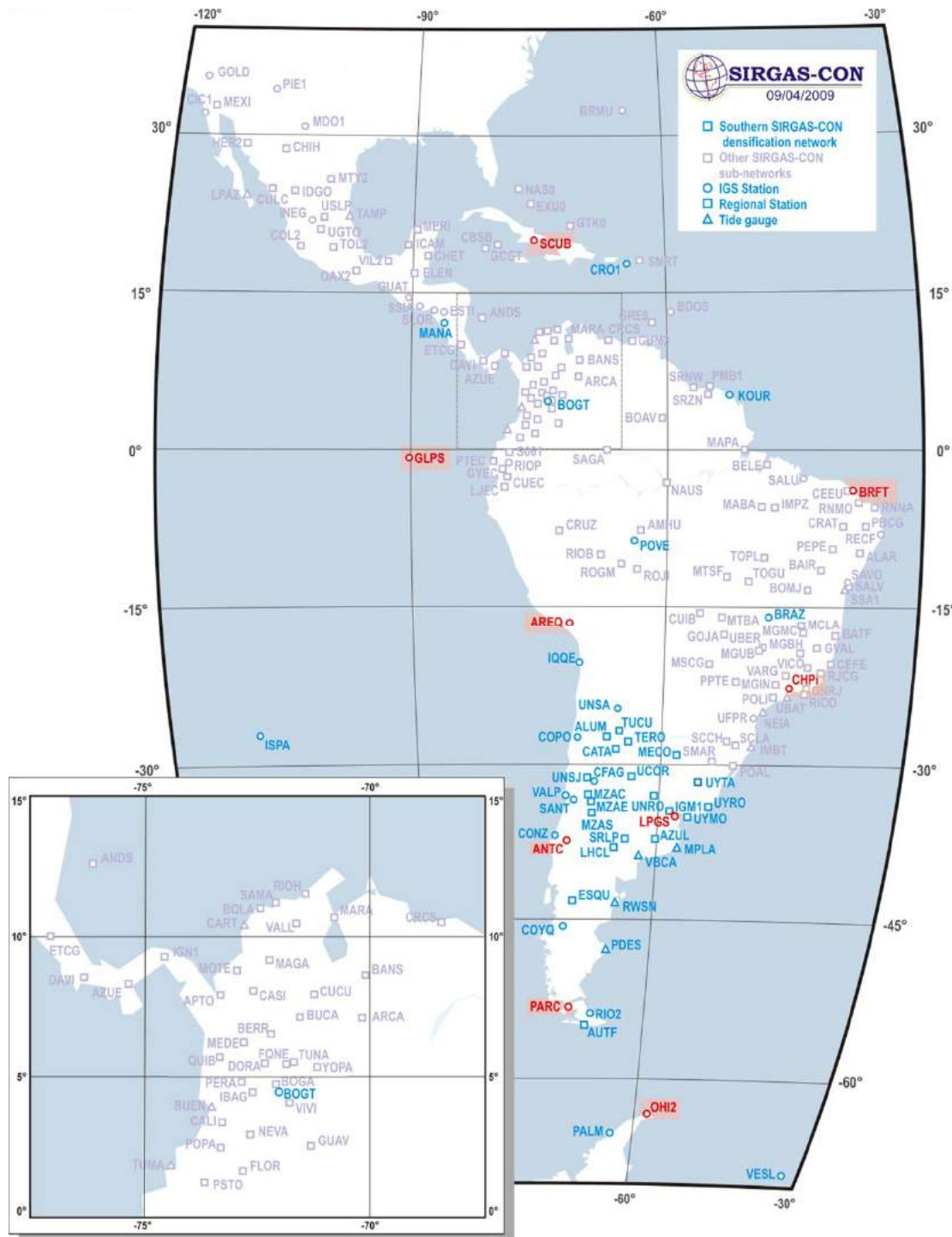
PROCESAMIENTO DE DATOS GNSS PARA EL AJUSTE DE POSGAR 07

Se llevan las coordenadas de las estaciones de la Red SIRGAS-CON-D a la época de definición de POSGAR07 (2006.632).

La combinación y ajuste de los datos procesados se realiza de acuerdo a la época de medición de la provincia, con las coordenadas y velocidades de SIRGAS.

Se calcula una solución ajustada al Marco SIRGAS por provincia, en la época de medición de la misma.

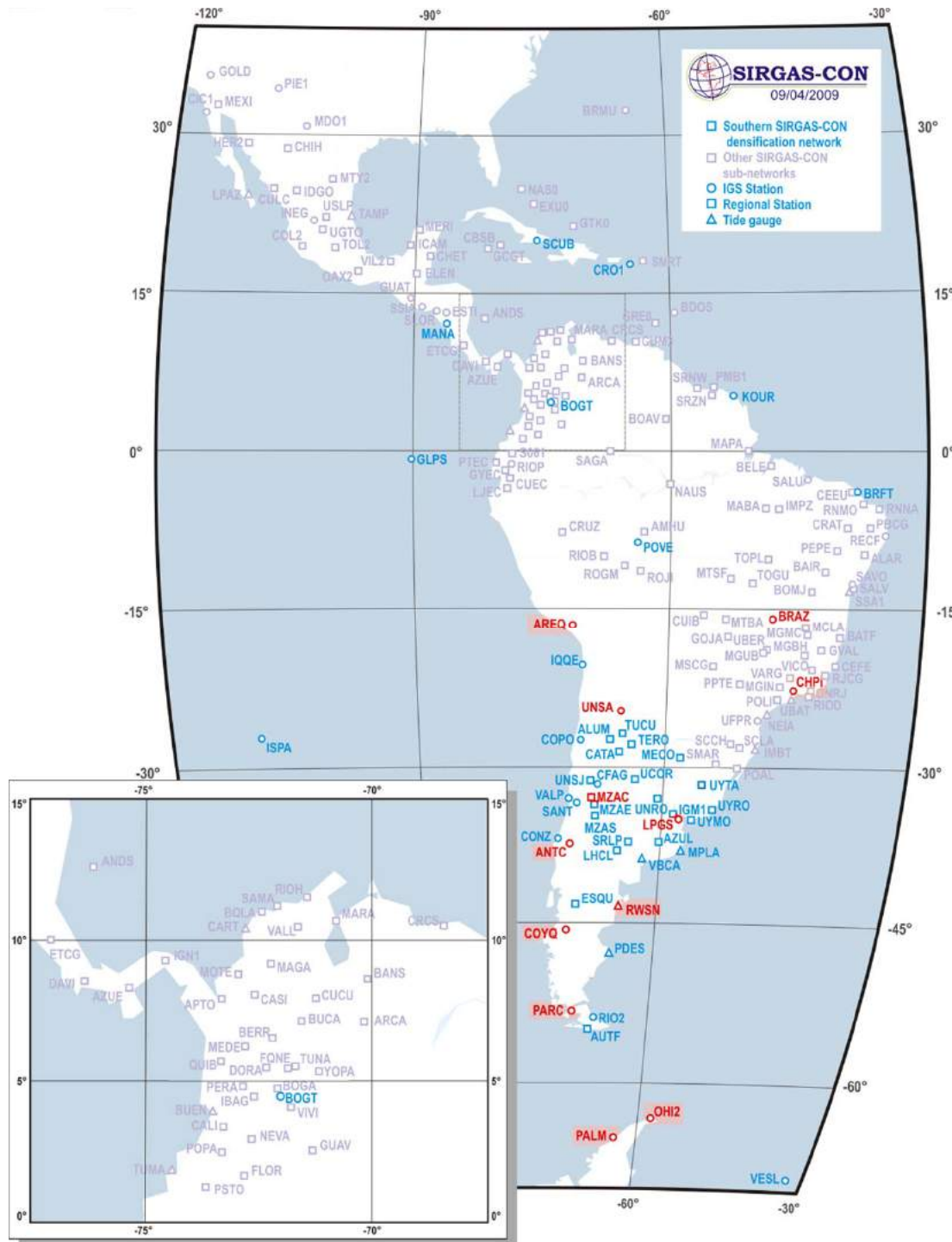
Se lleva la solución ajustada por provincia a la época de POSGAR 07 (2006.632), a través de parámetros de transformación.



Marco de ajuste de POSGAR 07 a SIRGAS

Se utilizaron las estaciones GNSS permanentes marcadas con rojo para el ajuste de las coordenadas a la época de medición de cada Provincia.

De esta forma se obtiene una solución por provincia que contiene a los puntos POSGAR remediados.



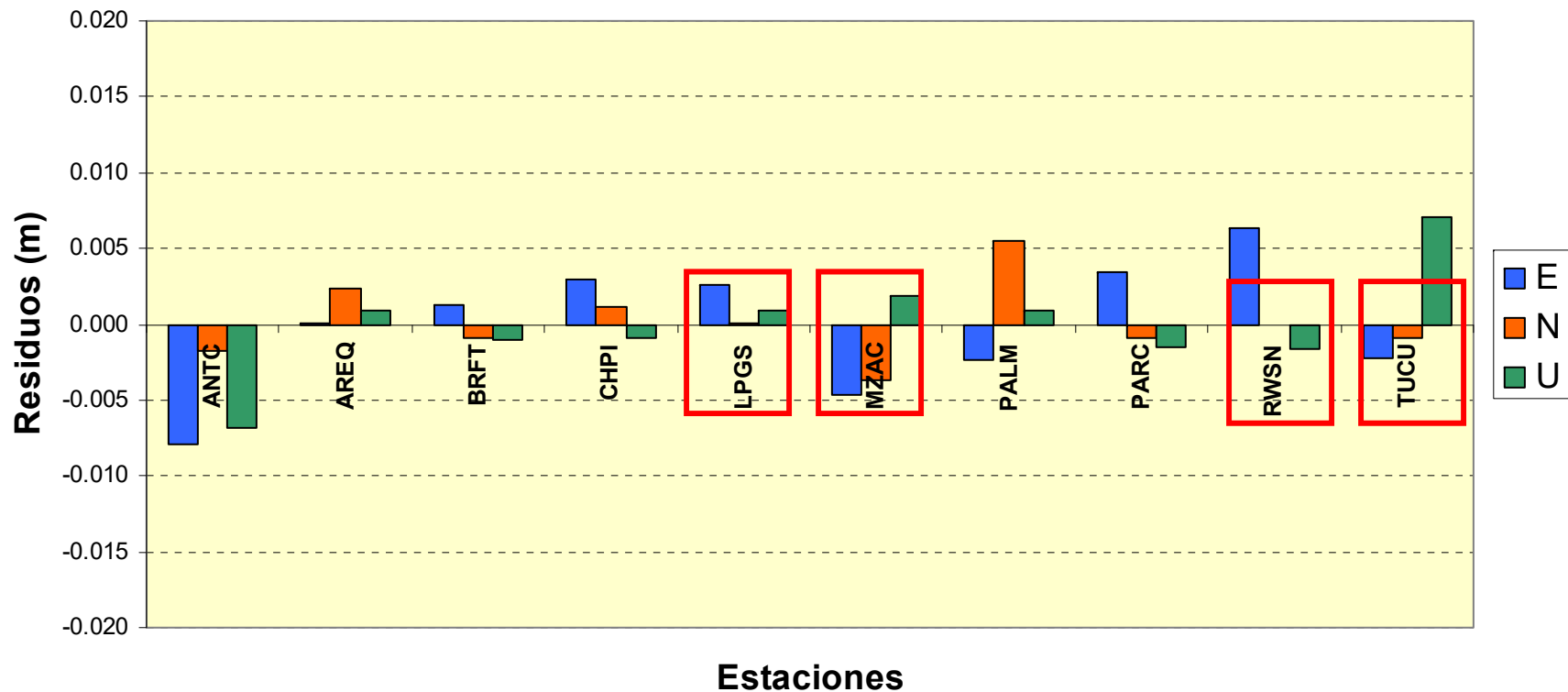
Parámetros de Transformación

Se utilizaron las estaciones GNSS permanentes marcadas con rojo para el cálculo de los parámetros de transformación entre la solución provincial y POSGAR 07 (época 2006.632).

De esta forma se obtienen los parámetros para cada una de las Provincias.

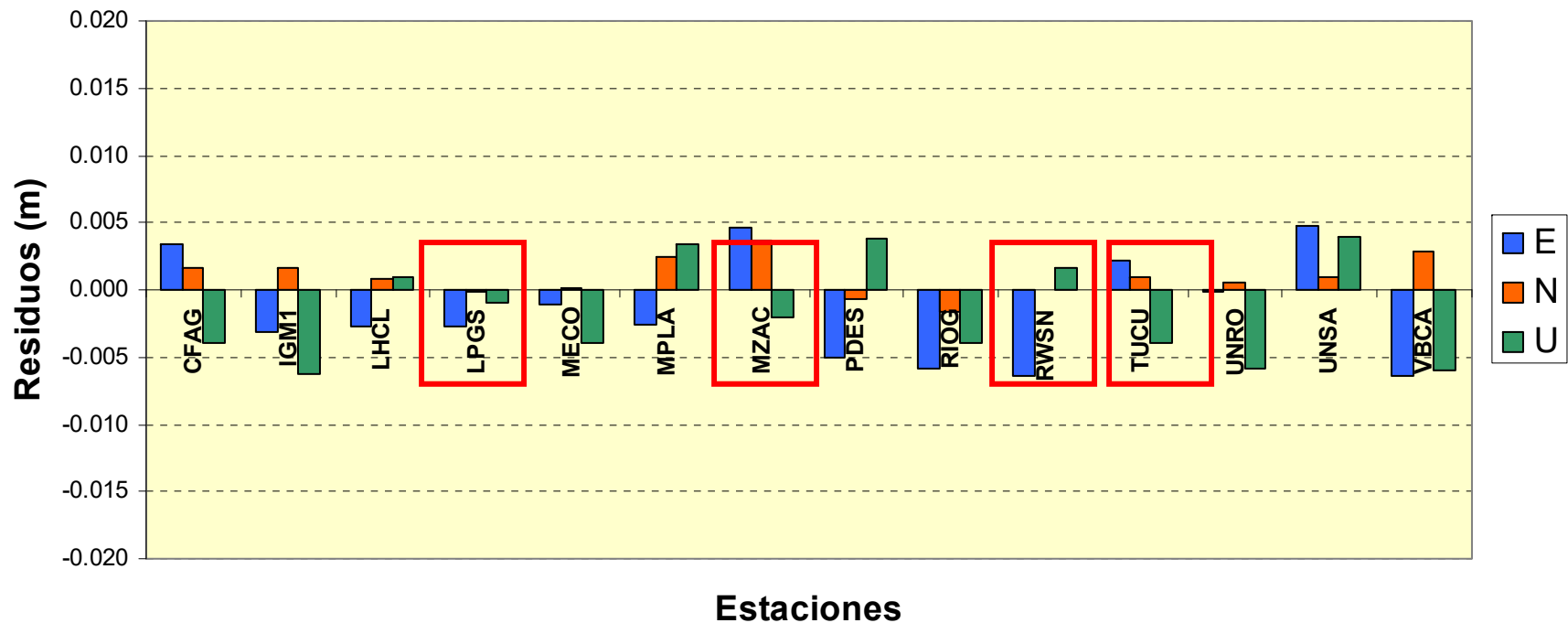
RESIDUOS DE LA TRANSFORMACIÓN ENTRE CATAMARCA (Época 2007.360) Y POSGAR 07 (Época 2006.632)

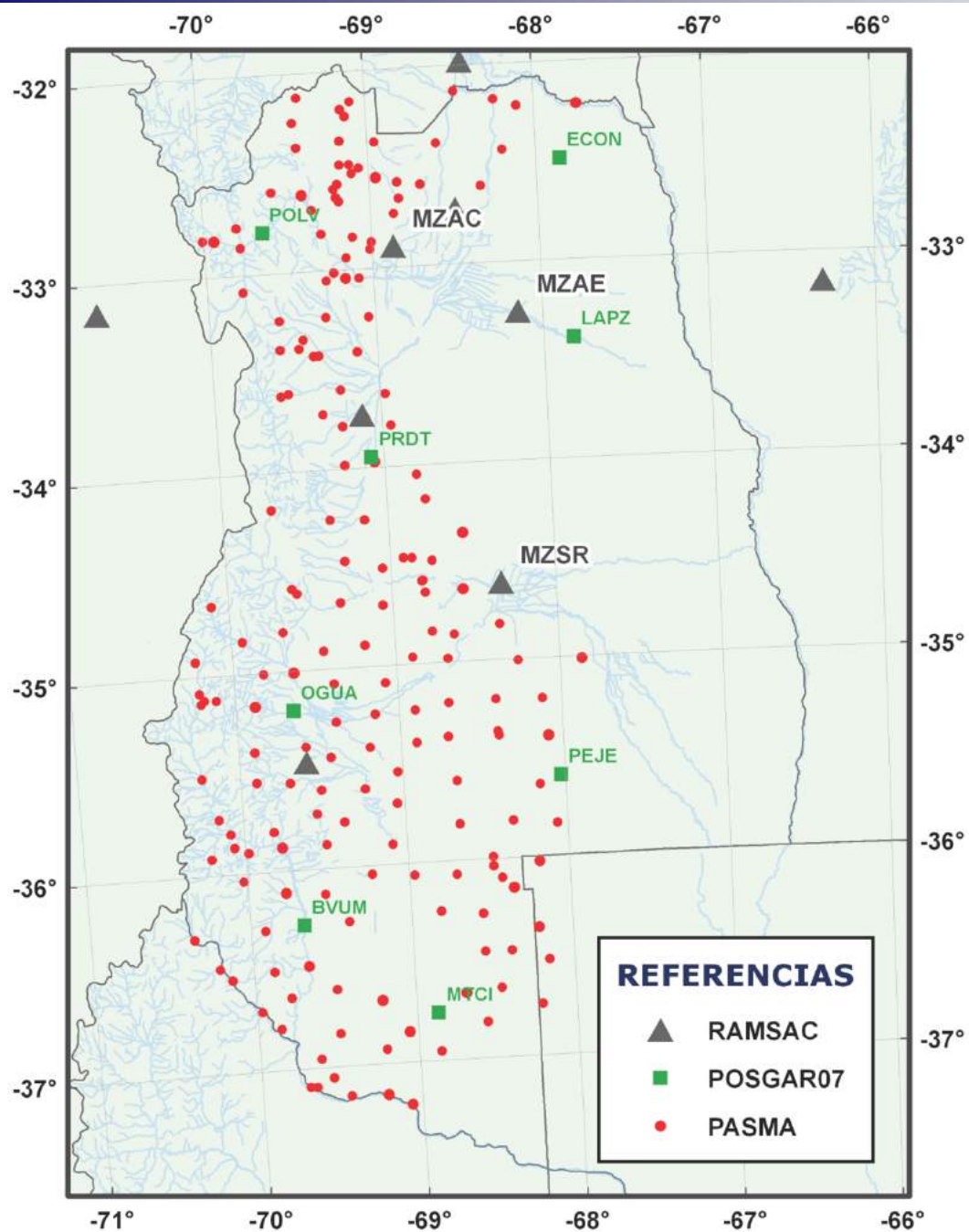
RESIDUOS TRANSFORMACIÓN 7 PARÁMETROS
CATAMARCA (Época 2007.360) - POSGAR07 (Época 2006.632)



DIFERENCIAS DE COORDENADAS A PARTIR DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN

DIFERENCIAS DE COORDENADAS ENTRE
TRANSFORMADAS SOLUCIÓN CATAMARCA - POSGAR07
Estaciones Argentinas





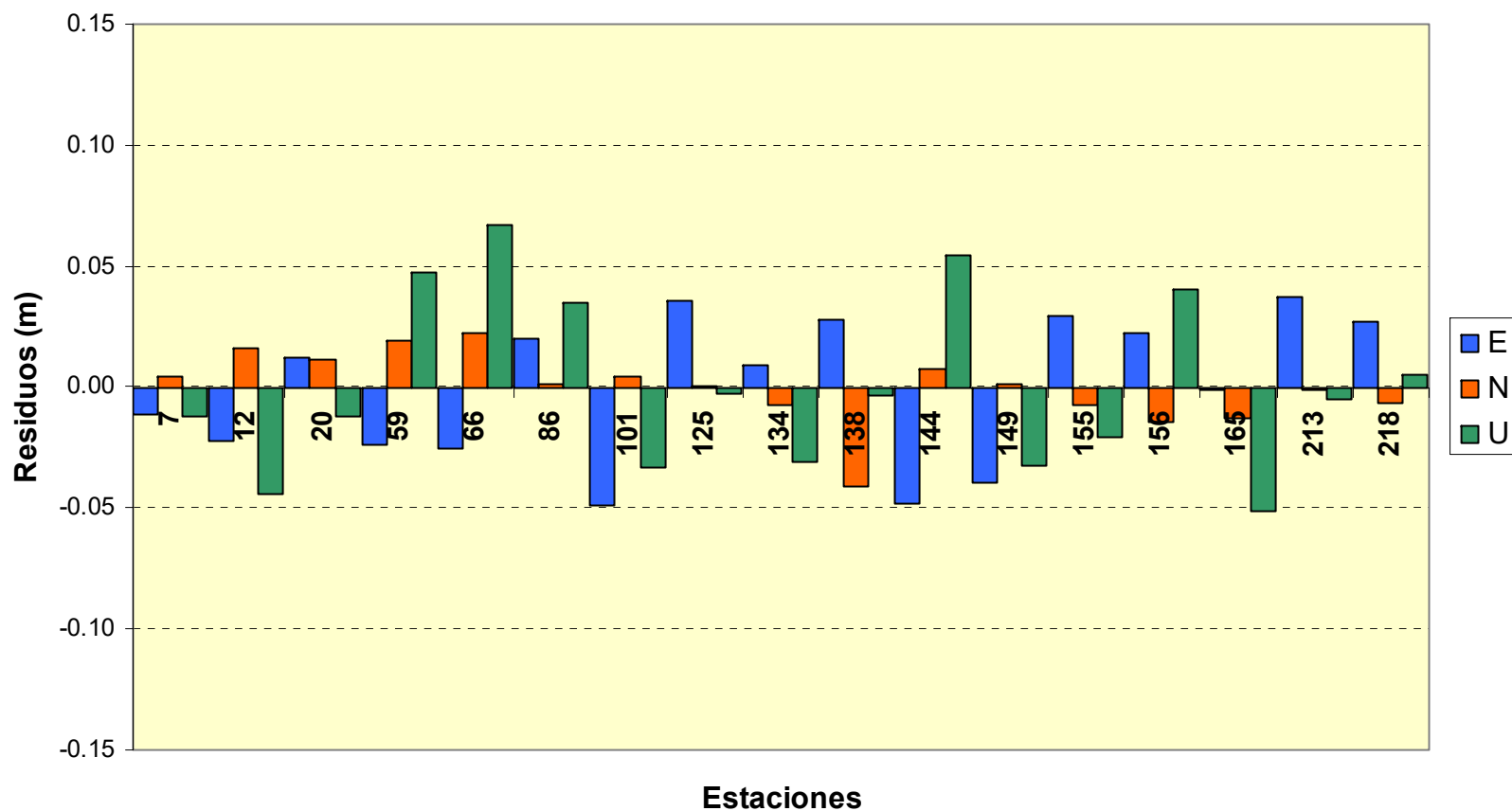
SELECCIÓN DE PUNTOS

- 0007
- 0012
- 0020
- 0059
- 0066
- 0086
- 0101
- 0125
- 0134
- 0138
- 0144
- 0149
- 0155
- 0165
- 0213
- 0218

P
A
S
M
A

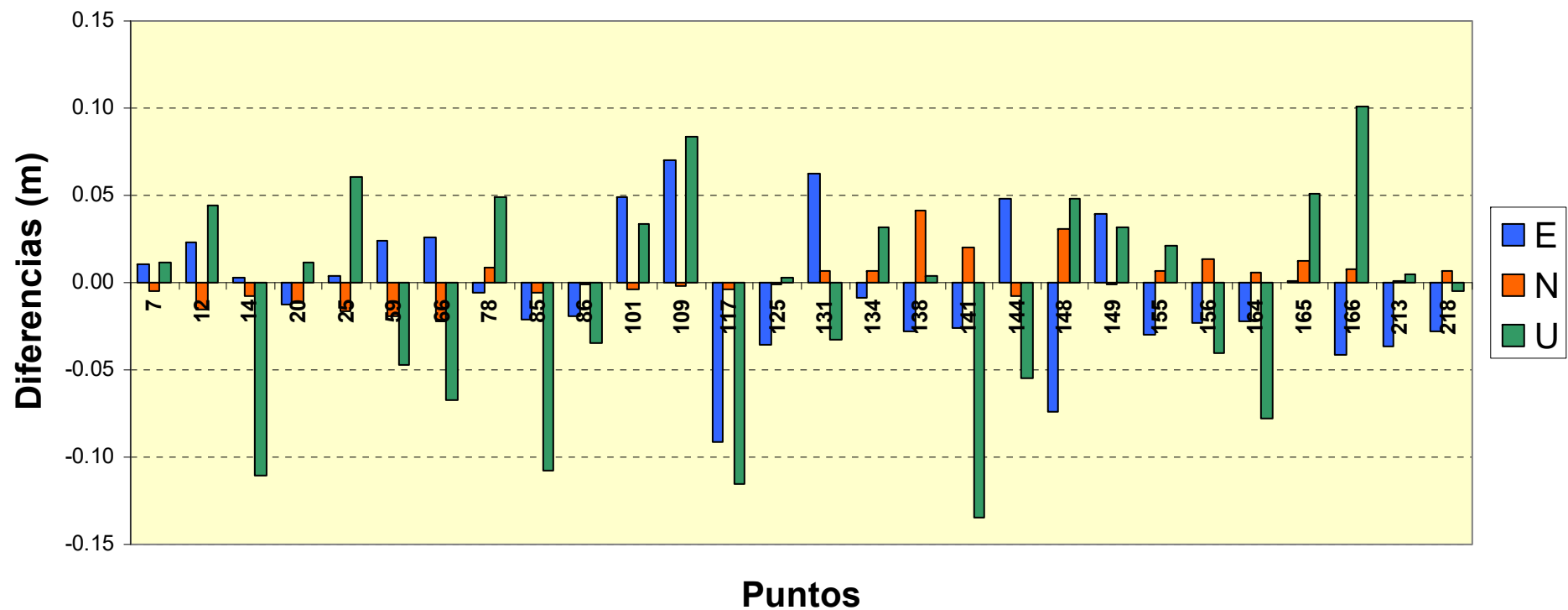
RESIDUOS DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA RED PASMA DE MENDOZA

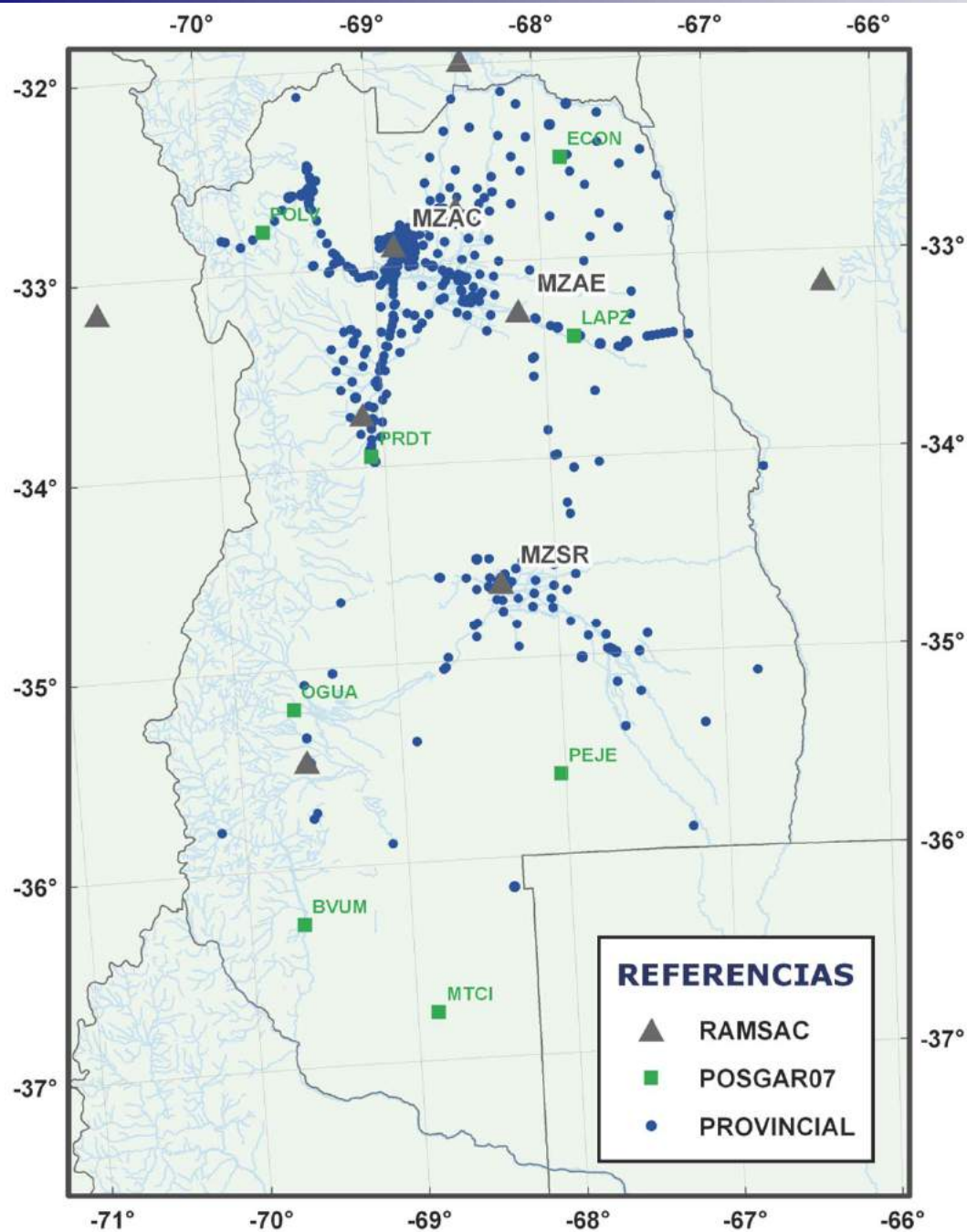
RESIDUOS DE TRANSFORMACIÓN 7 PARÁMETROS
RED PASMA MENDOZA - POSGAR 07 (Época 2007.188)



DIFERENCIAS DE COORDENADAS TRANSFORMADAS – POSGAR 07

DIFERENCIAS DE COORDENADAS ENTRE
RED PASMA MENDOZA TRANSFORMADAS - POSGAR 07
(Época 2007.188)





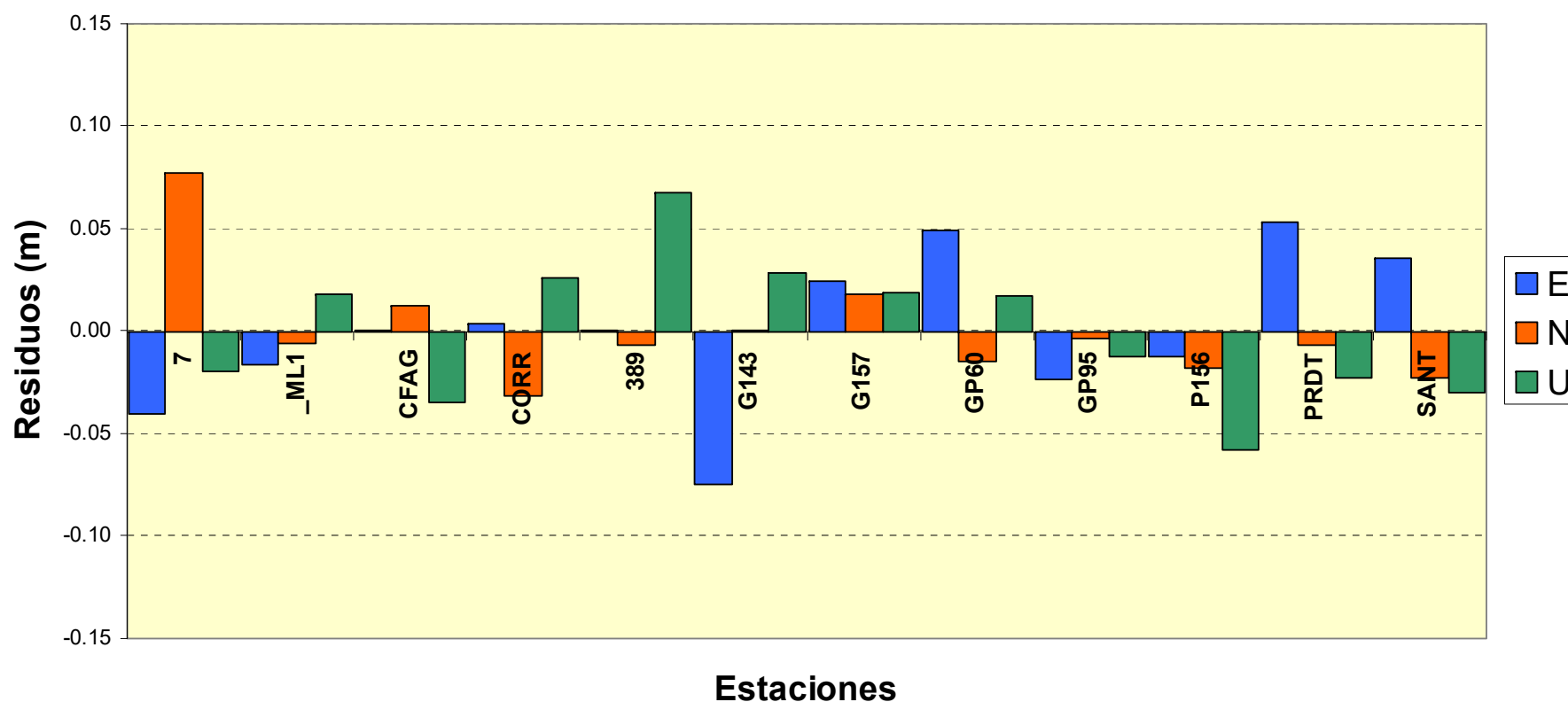
SELECCIÓN DE PUNTOS

- 0007
- 0389
- GP60
- GP95
- CFAG
- PRDT
- SANT
- 0066
- G143
- G157
- CORR
- P156

P
R
O
V
I
N
C
I
A
L

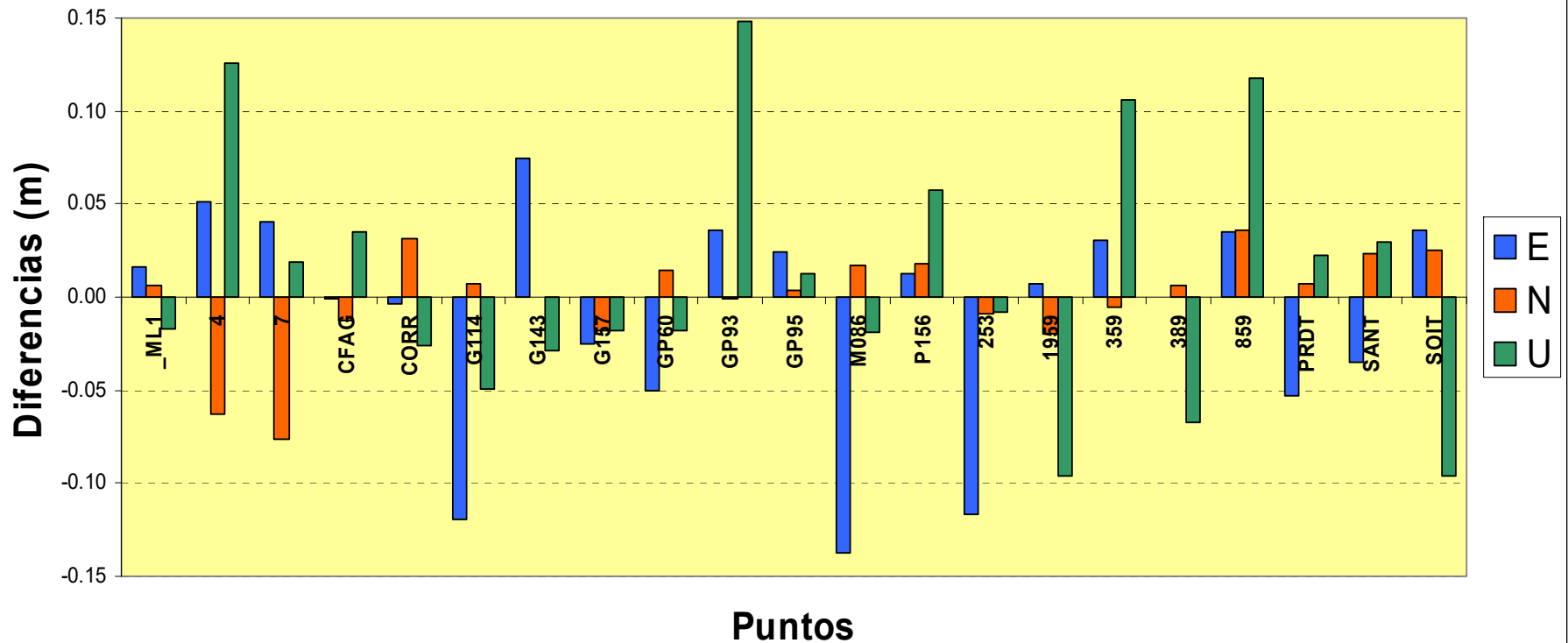
RESIDUOS DE PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN DE LA RED PROVINCIAL DE MENDOZA

RESIDUOS DE TRANSFORMACIÓN 7 PARÁMETROS
RED PROVINCIAL MENDOZA - POSGAR 07 (Época 2007.188)



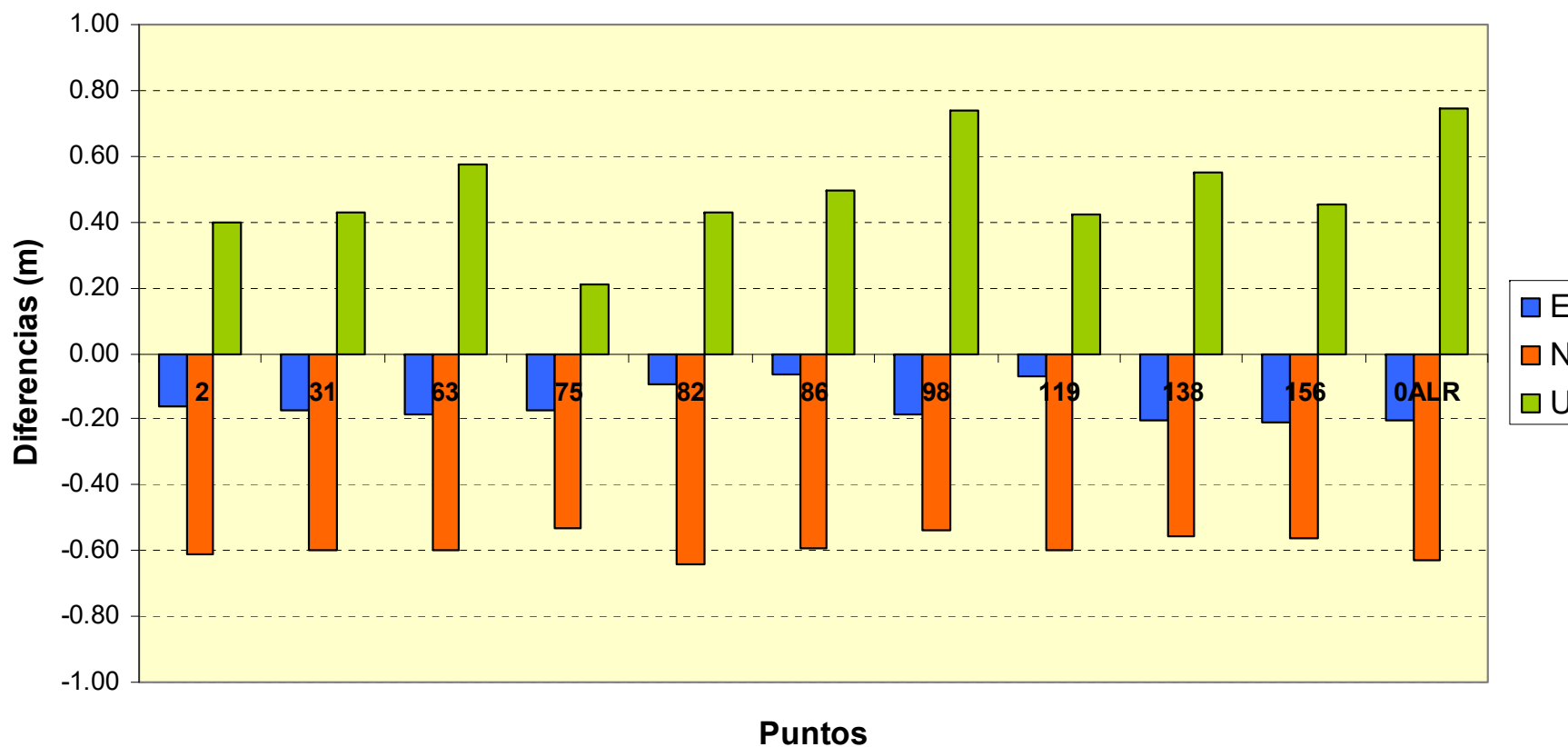
DIFERENCIAS DE COORDENADAS TRANSFORMADAS – POSGAR 07

DIFERENCIAS DE COORDENADAS RED PROVINCIAL DE MENDOZA TRANSFORMADAS - POSGAR 07 (Época 2007.188)



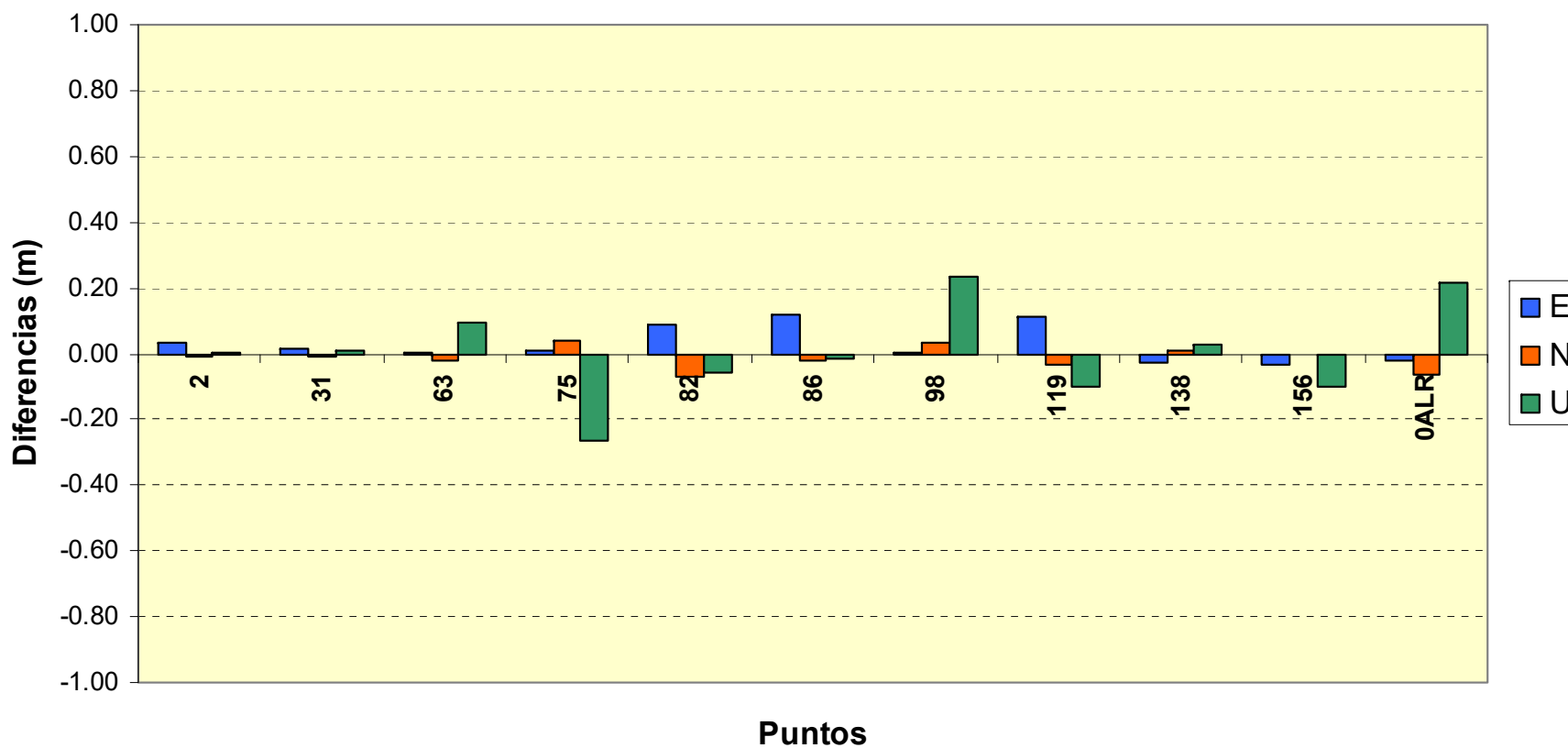
DIFERENCIAS DE COORDENADAS REDES PASMA - PROVINCIAL

DIFERENCIA DE COORDENADAS REDES PASMA - PROVINCIAL
MENDOZA (MARCOS ORIGINALES)



DIFERENCIAS DE COORDENADAS REDES PASMA - PROVINCIAL

DIFERENCIAS DE COORDENADAS PASMA - PROVINCIAL
MENDOZA (POSGAR 07)





PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE RED ORIGINAL PROVINCIAL Y POSGAR 07 MENDOZA

Parámetros Bursa-Wolf			
Dx	-0.333		
Dy	-0.144		
Dz	0.008		
Factor Escala	-2.92E-03	-2.917	ppb
Rx	-1.01E-02	-2088417.752	mas
Ry	3.29E-03	677678.618	mas
Rz	-2.92E-03	-601721.262	mas

PARÁMETROS DE TRANSFORMACIÓN ENTRE RED ORIGINAL PASMA Y POSGAR 07 MENDOZA

Parámetros Bursa-Wolf			
Dx	-2.257		
Dy	-0.107		
Dz	-1.853		
Factor Escala	8.14E-04	0.814	ppb
Rx	-5.99E-02	-12347059.399	mas
Ry	4.13E-02	8508480.972	mas
Rz	8.14E-04	167867.581	mas



POSGAR 07

- El nuevo Marco POSGAR 07 integra a todos los puntos de las redes Geodésicas Provinciales y PASMA con una precisión suficiente para aplicaciones topográficas y cartográficas.
- El nuevo Marco POSGAR 07 permite el uso de todas las estaciones GPS permanentes de la red RAMSAC.



POSGAR 07 - Resumen

- Marco de Referencia Global.
- Densificación regional de ITRF2005 (materialización del ITRS) y SIRGAS.
- Época de medición: 2006.632.
- Coordenadas XYZ transformadas a φ, λ, h utilizando el elipsoide WGS84.
- Incorpora a las redes RAMSAC, PASMA y provinciales proveyendo un marco geodésico único, base para la **georreferenciación parcelaria**.



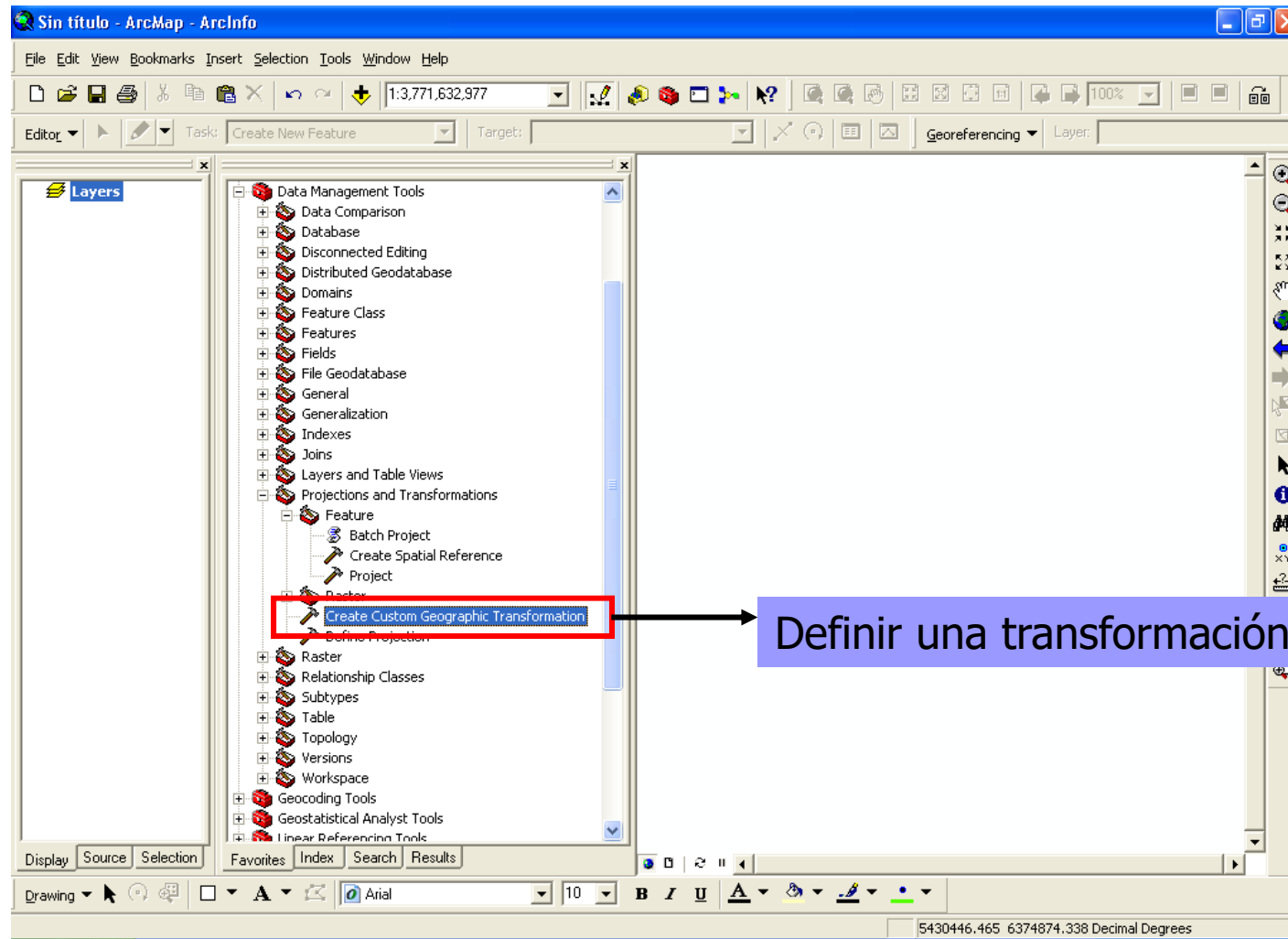
Pasaje de Coordenadas a POSGAR 07



POSGAR 07

¿Cómo paso de un archivo en formato shape del Marco **POSGAR 94** (WGS 84), a **POSGAR 07**?

Transformar a POSGAR 07



Definir una transformación geográfica

Create Custom Geographic Transformation

Geographic Transformation Name
Santa Fe Provincial a POSGAR07

Input Geographic Coordinate System
GCS_WGS_1984

Output Geographic Coordinate System
GCS_POSGAR_2007

Custom Geographic Transformation

Method
POSITION_VECTOR

Parameters

Name	Value
X Axis Translation (meters)	0
Y Axis Translation (meters)	0
Z Axis Translation (meters)	0
X Axis Rotation (seconds)	0
Y Axis Rotation (seconds)	0

Transformation

Method. All transformation files are saved with a .tgm extension and stored in the users Documents and Settings folder: ...\\Documents and Settings\\<user>\\Application Data\\ESRI\\ArcToolbox\\CustomTransformations

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

Parámetros de transformación

Parámetros Bursa-Wolf					
	Matriz X			Matriz X	
Dx	1.5095			1.5095	m
Dy	-4.2223			-4.2223	m
Dz	-0.6192			-0.6192	m
Factor Escala	-1.47596E-07	-147.596	ppb	-0.14759640	ppm
Rx	2.77631E-08	5.727	mas	0.00572655	arc seg
Ry	1.27096E-08	2.622	mas	0.00262153	arc seg
Rz	8.29989E-09	1.712	mas	0.00171197	arc seg

Definir una transformación geográfica

Create Custom Geographic Transformation

Geographic Transformation Name
Santa Fe Provincial a POSGAR07

Input Geographic Coordinate System
GCS_WGS_1984

Output Geographic Coordinate System
GCS_POSGAR_2007

Custom Geographic Transformation

Method
POSITION_VECTOR

Parameters

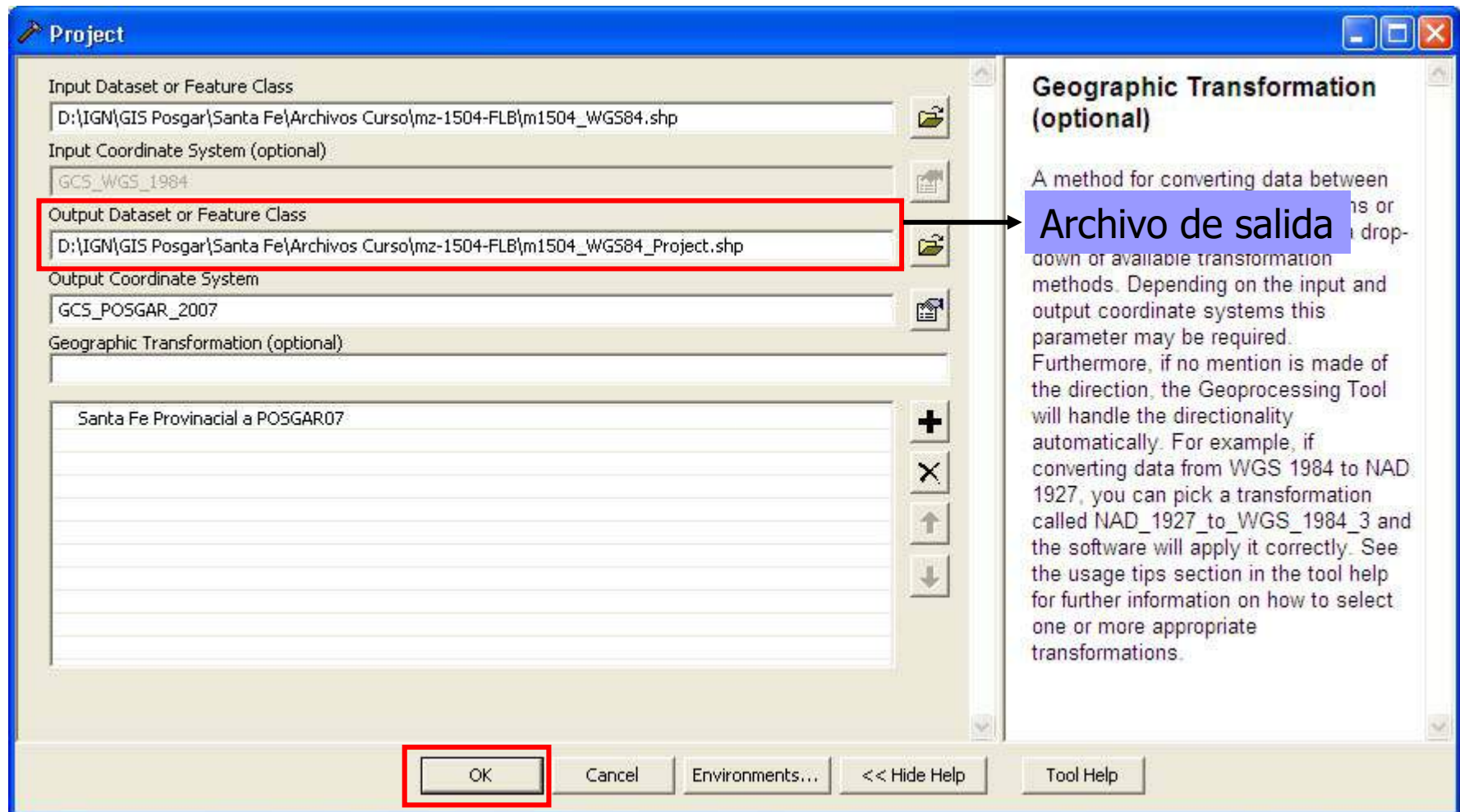
Name	Value
X Axis Translation (meters)	-1.5095
Y Axis Translation (meters)	4.2223
Z Axis Translation (meters)	0.6192
X Axis Rotation (seconds)	0.0057265484
Y Axis Rotation (seconds)	0.0026215329

Create Custom Geographic Transformation

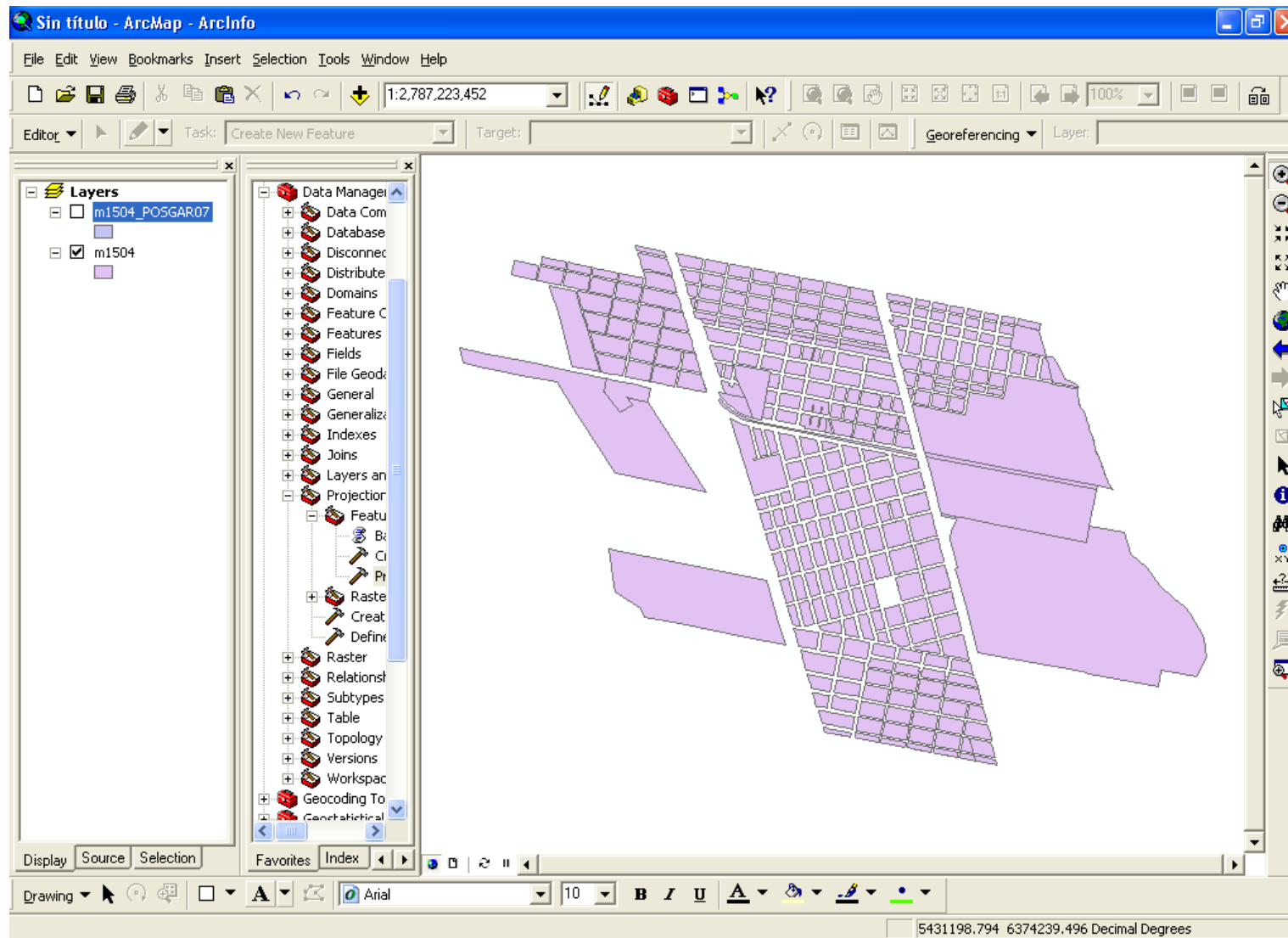
Creates a transformation method for converting data between two geographic coordinate systems or datums. The output of this tool can be used as a transformation method for any tool with a parameter that requires such a method.

OK Cancel Environments... << Hide Help Tool Help

Aplicar los parámetros a un Shape

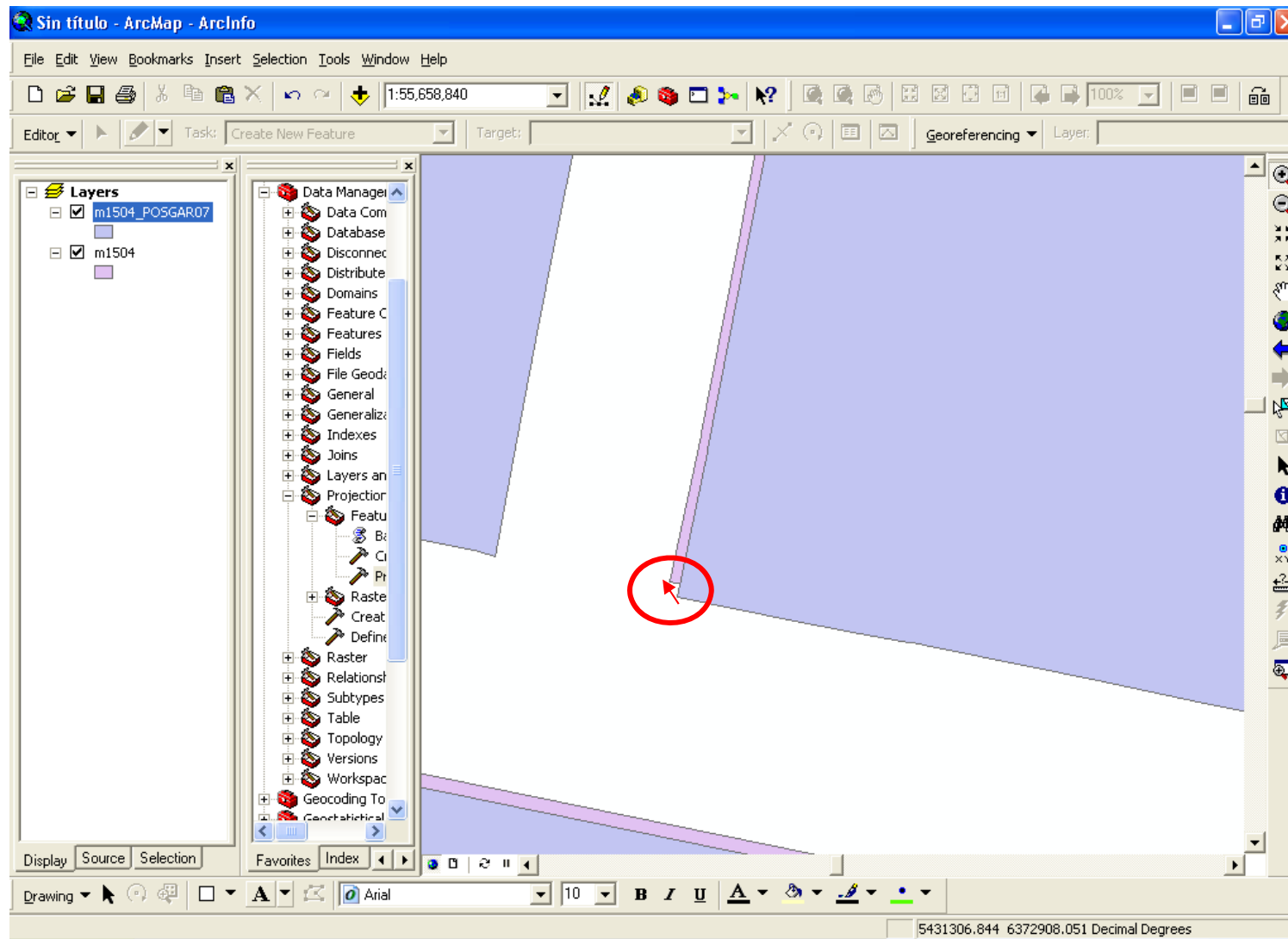


Resultado de la proyección



Shape en WGS84

Resultado de la proyección



Desplazamiento entre WGS84 (Santa Fe) y POSGAR07



POSGAR 07

¿Cómo paso de un archivo en formato xls
del Marco **POSGAR 94** (WGS 84), a
POSGAR 07?

GEOCALC 6.2

Santa Fe - Comparación P...

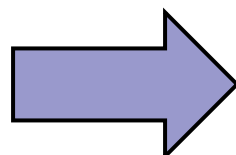
Archivo Inic Ins Dis Fór Dat Rev Vist

A1 CORDENADAS

	A	I	J	K
1	CORDENADAS PROVINCIALES (POSGAR 94)			
2				
3	Nombre	X	Y	Z
4	ACEB	2602159.727	-4662884.250	-3476579.315
5	ALCO	2569939.245	-4660108.339	-3504015.944
6	ALEJ	2783155.167	-4784803.187	-3158133.692
7	ALVA	2607976.468	-4667556.496	-3465988.895
8	AREQ	2547990.828	-4698894.140	-3468310.791
9	ARMS	2547415.727	-4722278.787	-3437084.621
10	ARRE	2648690.897	-4582191.009	-3547498.930
11	ARTE	2528012.572	-4712704.210	-3464219.924
12	BARR	2619519.769	-4722455.897	-3382410.337
13	BERA	2515142.258	-4703758.733	-3485562.178
14	BIGA	2564467.976	-4674283.703	-3489205.690
15	BOGA	2618960.590	-4648483.965	-3483183.259
16	BOLT	2632482.229	-4771921.714	-3302551.284
17	BOMB	2554471.724	-4673780.388	-3497166.327
18	BSSP	2454345.290	-4679391.817	-3560401.988
19	CADA	2568111.882	-4710912.287	-3437226.448
20	CALC	2739558.323	-4806849.742	-3162782.973
21	CARA	2587242.914	-4695075.305	-3444462.913
22	CARC	2623401.019	-4754020.115	-3335209.258
23	CARM	2512649.853	-4677926.831	-3521691.693
24	CARR	2553100.007	-4665324.250	-3509361.891
25	CASI	2578401.864	-4688582.509	-3459823.481
26	CAYA	2717103.811	-4735757.724	-3286091.130
27	CENT	2581880.254	-4738303.367	-3389211.541
28	CERE	2597017.562	-4888635.952	-3157788.034

PASMA ORIG PASMA AJUSTE PROV OR

Listo 100%



Santa Fe - Comparación P...

Archivo Inic Ins Dis Fór Dat Rev Vist

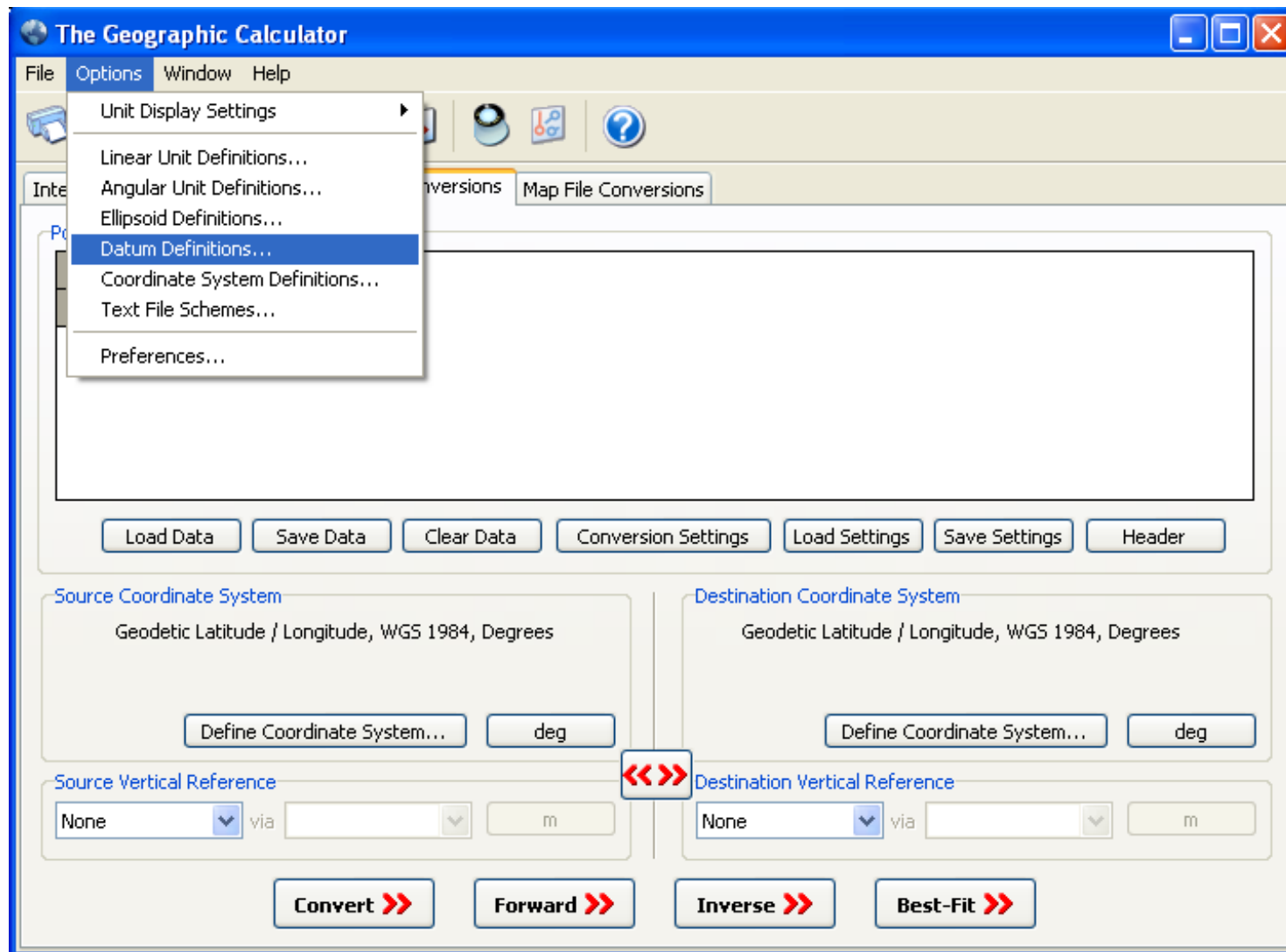
A1 CORDENADAS

	A	I	J	K
1	CORDENADAS PROVINCIALES (POSGAR 07)			
2				
3	Nombre	X	Y	Z
4	ACEB	2602158.570	-4662880.850	-3476579.040
5	ALCO	2569938.130	-4660104.930	-3504015.670
6	ALEJ	2783154.070	-4784799.750	-3158133.390
7	ALVA	2607975.330	-4667553.070	-3465988.640
8	AREQ	2547989.720	-4698890.710	-3468310.520
9	ARMS	2547414.580	-4722275.360	-3437084.390
10	ARRE	2647737.830	-4582547.730	-3547739.010
11	ARTE	2528011.470	-4712700.810	-3464219.620
12	BARR	2619518.640	-4722452.500	-3382410.030
13	BERA	2515141.140	-4703755.280	-3485561.950
14	BIGA	2564466.870	-4674280.310	-3489205.380
15	BOGA	2618959.440	-4648480.530	-3483183.020
16	BOLT	2632481.090	-4771918.320	-3302550.970
17	BOMB	2554470.570	-4673776.980	-3497166.060
18	BSSP	2454344.170	-4679388.370	-3560401.730
19	CADA	2568110.730	-4710908.910	-3437226.140
20	CALC	2739557.260	-4806846.510	-3162782.730
21	CARA	2587241.820	-4695071.890	-3444462.620
22	CARC	2623399.880	-4754016.700	-3335208.990
23	CARM	2512648.750	-4677923.430	-3521691.390
24	CARR	2553098.910	-4665320.840	-3509361.590
25	CASI	2578400.710	-4688579.120	-3459823.200
26	CAYA	2717102.690	-4735754.280	-3286090.870
27	CENT	2581879.120	-4738299.950	-3389211.270
28	CERE	2597016.540	-4888632.570	-3157787.790

PASMA AJUSTE PROV ORIG REMEDIC

Listo 100%

GEOCALC 6.2



GEOCALC 6.2

The image shows a screenshot of the 'Datum definitions' dialog box in the GEOCALC 6.2 software. A 'New Datum' sub-dialog is open in the foreground. The 'Datum' dropdown is set to 'ADINDAN-BF' and the 'EPSG Code' is '6201'. The 'Name' field contains 'Adindan, Burkina Faso' and the 'Description' field is empty. The 'Method' is 'M...' and the 'Ellipsoid' is 'CL...'. The 'Shifts To' section shows 'X' as -118, 'Y' as -14, and 'Z' as 218. The 'Prime Meridian Shift From Greenwich (degrees)' is 0.000000000000. The 'New Datum' sub-dialog has a text field for 'Unique Datum Name (datum key)' containing 'Santa Fe_P94_P07', which is highlighted with a red rectangle. The sub-dialog has 'OK' and 'Cancel' buttons. The main dialog has 'OK', 'Cancel', 'Preview...', 'Save', 'Remove', and 'New...' buttons.

Datum definitions

Datum: ADINDAN-BF EPSG Code: 6201

Name: Adindan, Burkina Faso Description:

Method: M... Ellipsoid: CL...

Shifts To:

X: -118 Y: -14 Z: 218

Prime Meridian Shift From Greenwich (degrees): 0.000000000000

New Datum

Unique Datum Name (datum key): Santa Fe_P94_P07

OK Cancel Preview... Save Remove New...

GEOCALC 6.2

Datum definitions

Datum: SANTA_FE_P94_P07 EPSG Code:

Name: Curso_Georreferenciación Description:

Method: Bursa/Wolfe (7 parameter)

Ellipsoid: WGS84

Shifts To WGS 84 (meters)

X	1.5095
Y	-4.2223
Z	-0.6192

Rotation To WGS84 (arc seconds)

X	0.00572655
Y	0.00262153
Z	0.00171197

Scale Correction to WGS84 (ppm)

Prime Meridian Shift From Greenwich (degrees)

OK
Cancel
Preview...
Save
Remove
New...

Parámetros de transformación

Parámetros Bursa-Wolf					
	Matriz X				Matriz X
Dx	1.5095				1.5095 m
Dy	-4.2223				-4.2223 m
Dz	-0.6192				-0.6192 m
Factor Escala	-1.47596E-07	-147.596	ppb		-0.14759640 ppm
Rx	2.77631E-08	5.727	mas		0.00572655 arc seg
Ry	1.27096E-08	2.622	mas		0.00262153 arc seg
Rz	8.29989E-09	1.712	mas		0.00171197 arc seg

GEOCALC 6.2

The Geographic Calculator

File Options Window Help

Interactive Conversions Point Database Conversions Map File Conversions

Point Database Conversion - C:\Documents and Settings\HG\Escritorio\Libro1.xls

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
R1	ACEB	2602159.7268	-4662884.25	-3476579.315	2602158.607	-4662880.834	-347
R2	ALCO	2569939.2454	-4660108.339	-3504015.9438	2569938.121	-4660104.923	-350
R3	ALEJ	2783155.1665	-4784803.1869	-3158133.6916	2783154.068	-4784799.782	-315
R4	ALVA	2607976.4678	-4667556.4961	-3465988.8953	2607975.349	-4667553.081	-346
R5	AREQ	2547990.8275	-4698894.1401	-3468310.7914	2547989.699	-4698890.729	-346

Load Data Save Data Clear Data Conversion Settings Load Settings Save Settings Header

Source Coordinate System
XYZ Cartesian ECEF, Earth Centered Earth Fixed, WGS 1984, Meter

Define Coordinate System... m

Destination Coordinate System
XYZ Cartesian ECEF, Earth Centered Earth Fixed, Curso_Georreferenciación [Bursa/Wolfe method], Meter

Define Coordinate System... m

Source Vertical Reference
None via m

Destination Vertical Reference
None via m

Convert >> Forward >> Inverse >> Best-Fit >>

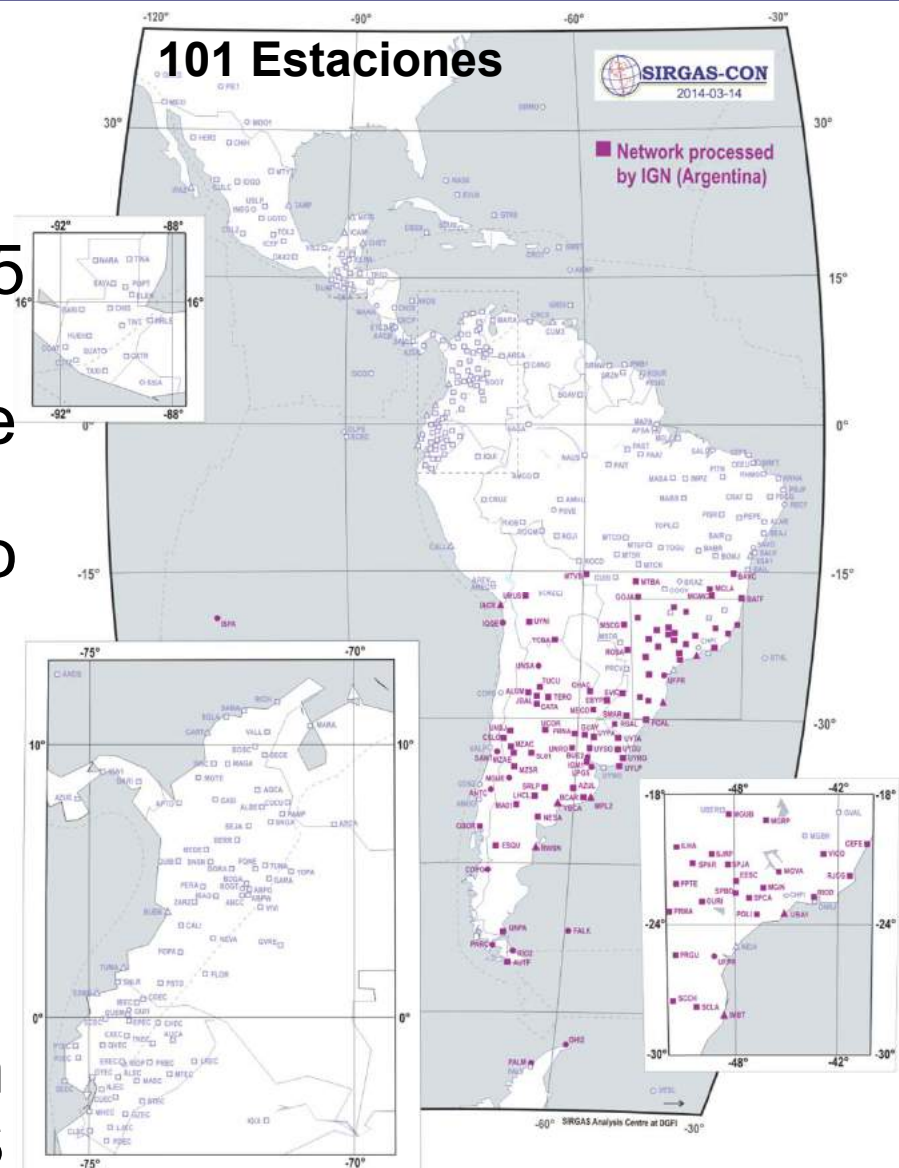


Centro de Procesamiento GPS Científico GNA

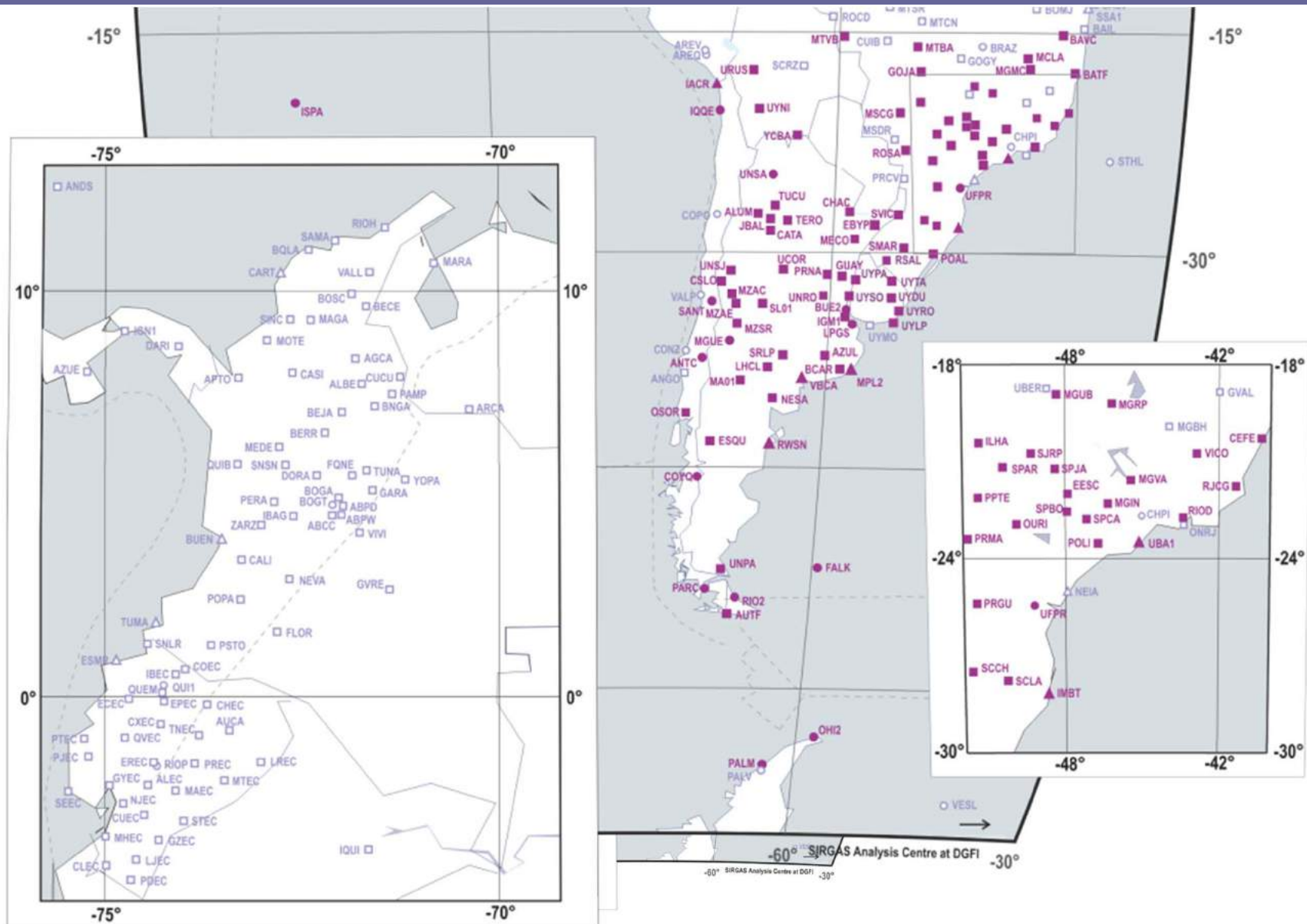
Centro de Procesamiento GNA



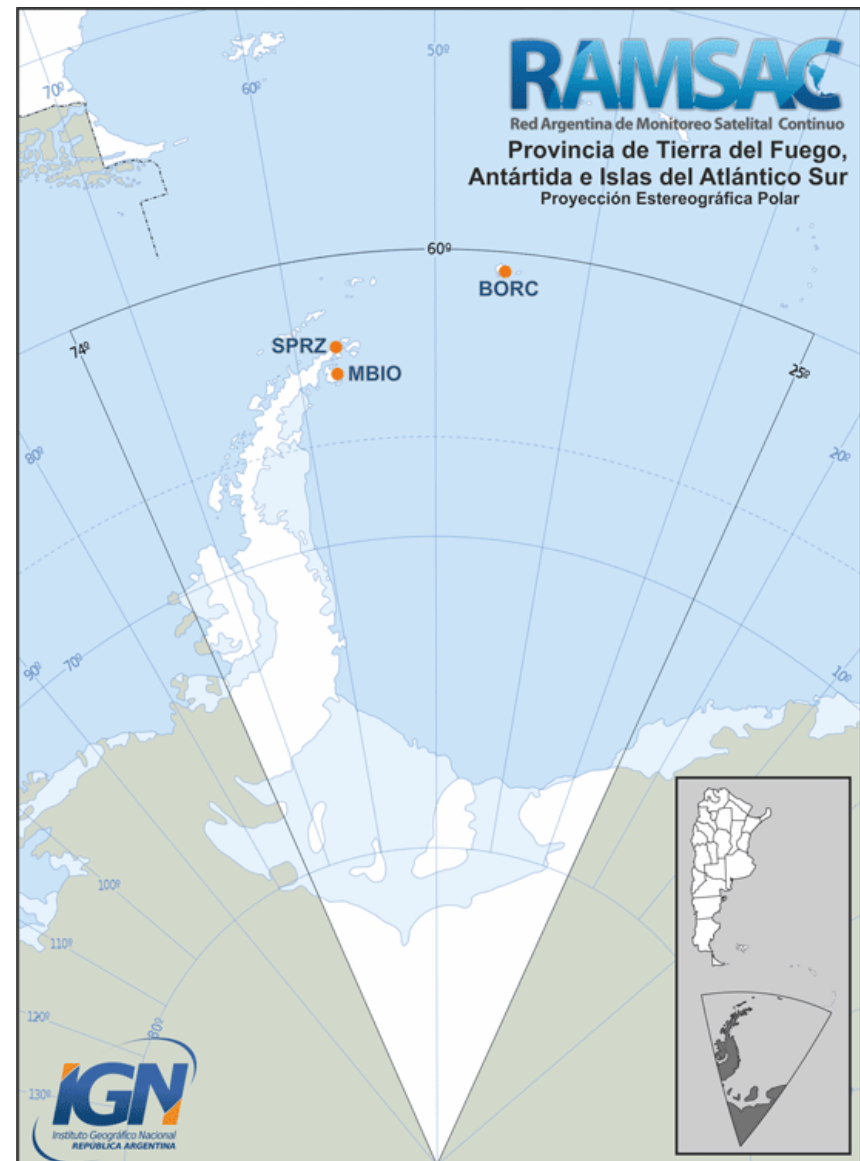
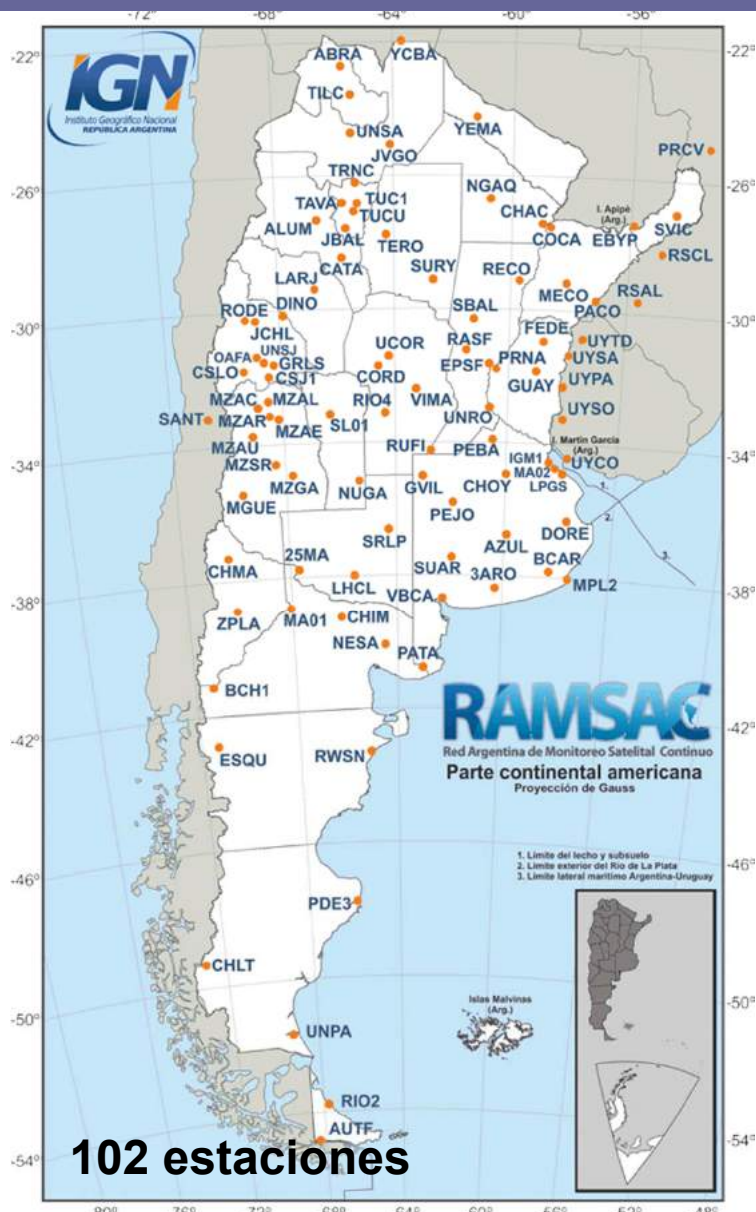
- El centro funciona desde 2005
- El 29 de noviembre de 2010 SIRGAS oficializa al centro de procesamiento que funciona dentro del Instituto Geográfico Nacional (GNA)
- Procesamiento de la red SIRGAS-CON-D-SUR con el **software científico GAMIT-GLOBK**
- Los parámetros de procesamiento y combinación son los definidos por SIRGAS



Centro de Procesamiento Científico



Centro de Procesamiento Científico



Centro de Procesamiento GNA - ¿Qué se obtiene?

Coordenadas de las estaciones SIRGAS





Centro de Procesamiento GNA - ¿Para qué se obtiene?

■ Aplicaciones centrales

- Cálculo, actualización y mantenimiento de los marcos de referencia globales
- Monitoreo de las deformaciones de la corteza terrestre
- Variación del nivel medio del mar (NMM)
- Estudios atmosféricos
 - Tropósfera (en combinación con estaciones meteorológicas)
 - Ionósfera (Mejoramiento del posicionamiento GNSS con receptores de una frecuencia)

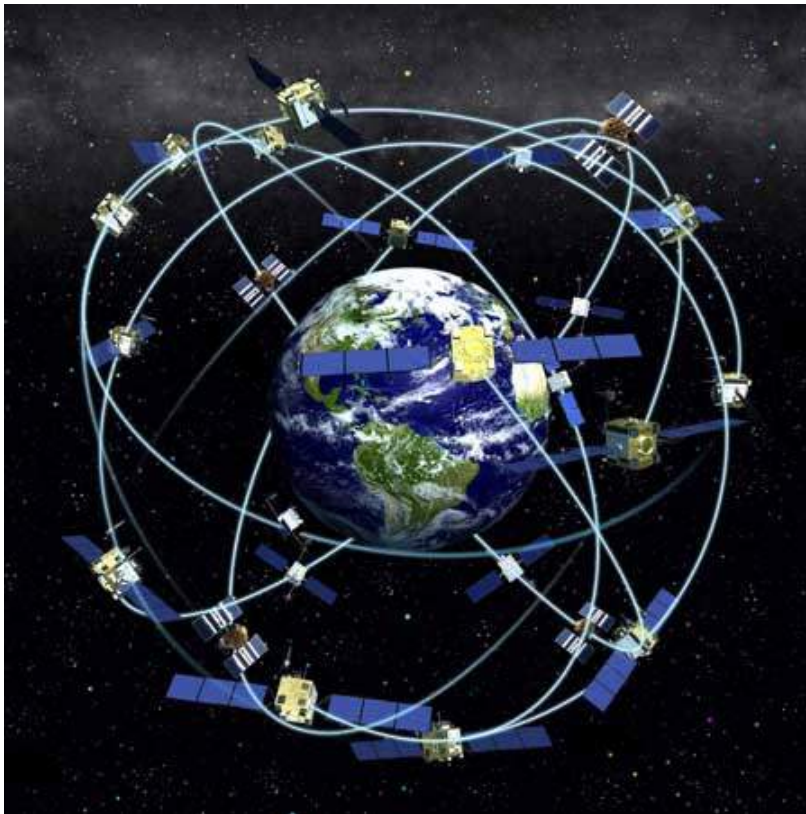


Centro de Procesamiento GNA - ¿Cómo se obtiene?

- **Software GAMIT-GLOBK (MIT)**
 - Archivos de medición de las estaciones
 - Tablas para el procesamiento
 - Coordenadas precisas de los satélites
 - Calibración de antenas
 - Parámetros de orientación del polo (EOP)
 - Modelo Troposférico
 - Marea terrestre
 - Nutación
 - Efemérides solares y lunares
 - Carga atmosférica

GAMIT-GLOBK

- Coordenadas precisas de los satélites GPS



■ Coordenadas precisas de los satélites GPS

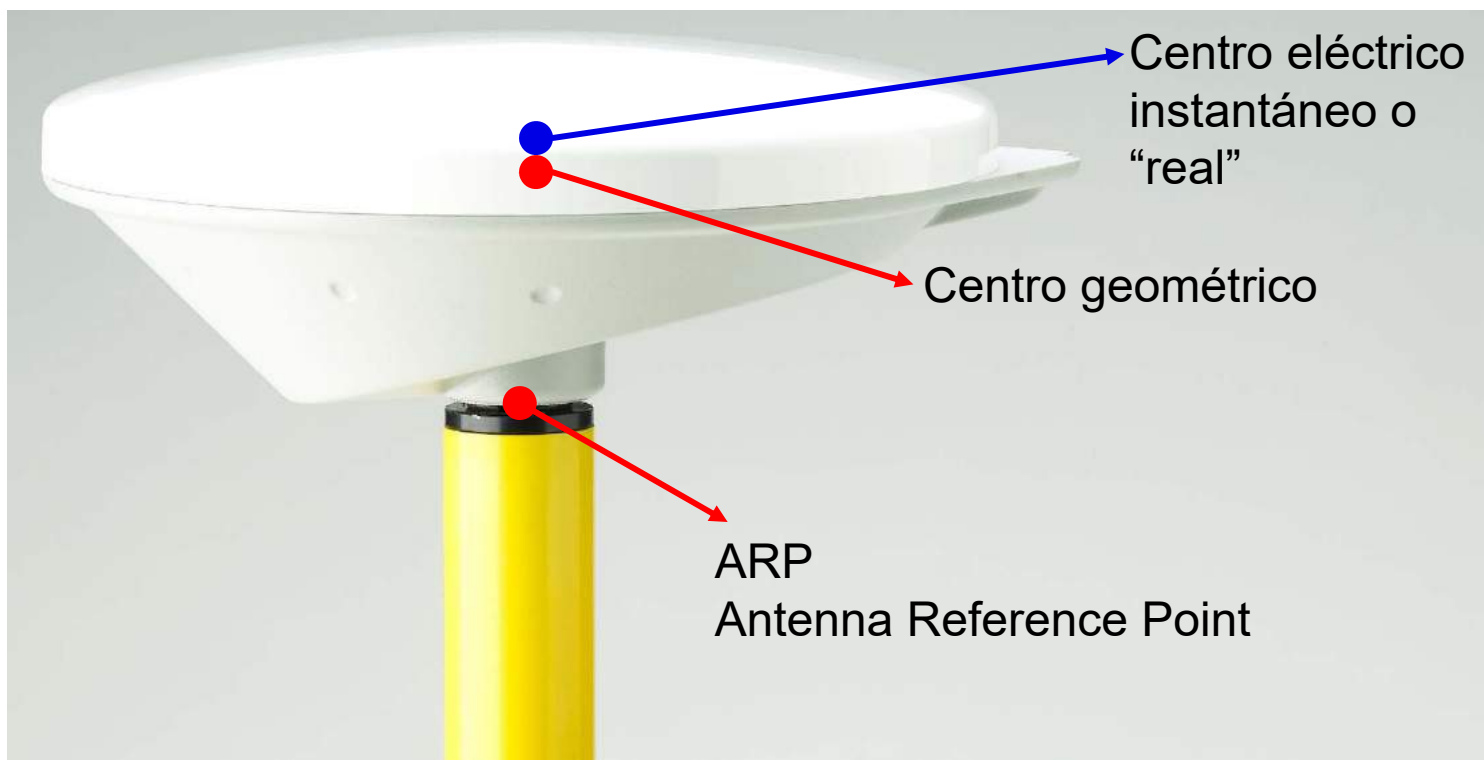
12 Centros de Análisis IGS monitorean la constelación GPS, y combinan sus soluciones

NOMBRE DEL CENTRO	CODIGO IGS
Center for Orbit Determination in Europe, AIUB, Switzerland	CODE
European Space Operations Center, ESA, Germany	ESOC
Geodetic Observatory Pecny, Czech Republic	GOP-RIGTC
GeoForschungsZentrum, Germany	GFZ
GRGS-CNES/CLS, Toulouse, France	GRGS
Jet Propulsion Laboratory, USA	JPL
Massachusetts Institute of Technology, USA	MIT
National Oceanic and Atmospheric Administration / NGS, USA	NOAA
Natural Resources Canada, Canada	NRCan
Scripps Institution of Oceanography, USA	SIO
U.S. Naval Observatory, USA	USNO
Wuhan University, China	WHU

TIPOS DE ÓRBITAS	PRECISIÓN (cm)	DISPONIBILIDAD	DISPONIBLE EN
Transmitidas	100	Tiempo Real	Mensaje de navegación
Ultrarápidas (Predicha)	5	Tiempo Real	IGS
Ultrarápidas (Observada)	3	de 3 a 9 hs	IGS
Rápidas	~2.5	de 17 a 41 Horas	IGS
Final	<2.0	12 a 18 Días	IGS

■ Calibración de antenas

Para cualquier antena GPS, el centro de fase eléctrico no es estable, sino que varía con el cambio de dirección de la señal desde el satélite



■ Marea terrestre

- Amplitud de 20 cm
- Efecto debido a la atracción ejercida por la luna

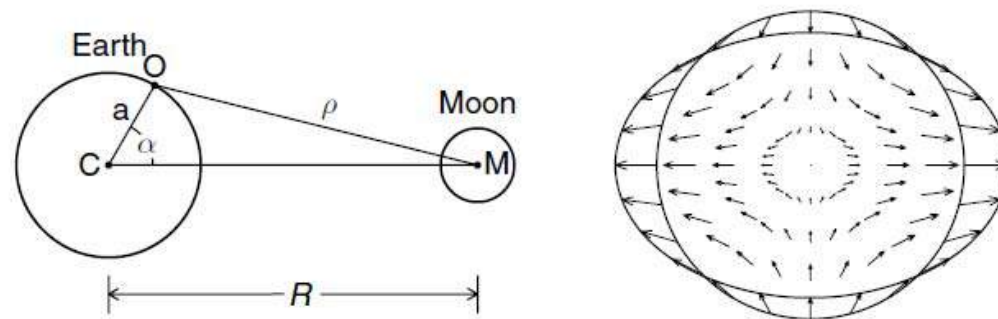


Figure 2 Tidal forcing. On the left is the geometry of the problem for computing the tidal force at a point O on the Earth, given an external body M. The right plot shows the field of forces (accelerations) for the actual Earth–Moon separation; the scale of the largest arrow is $1.14 \mu\text{m s}^{-2}$ for the Moon, and $0.51 \mu\text{m s}^{-2}$ for the Sun. The elliptical line shows the equipotential surface under tidal forcing, greatly exaggerated.

■ Efemérides del Sol y la Luna

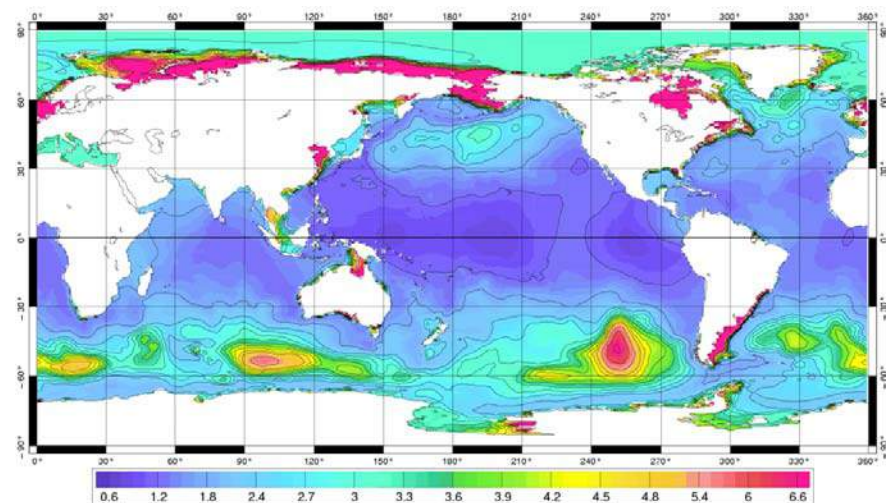
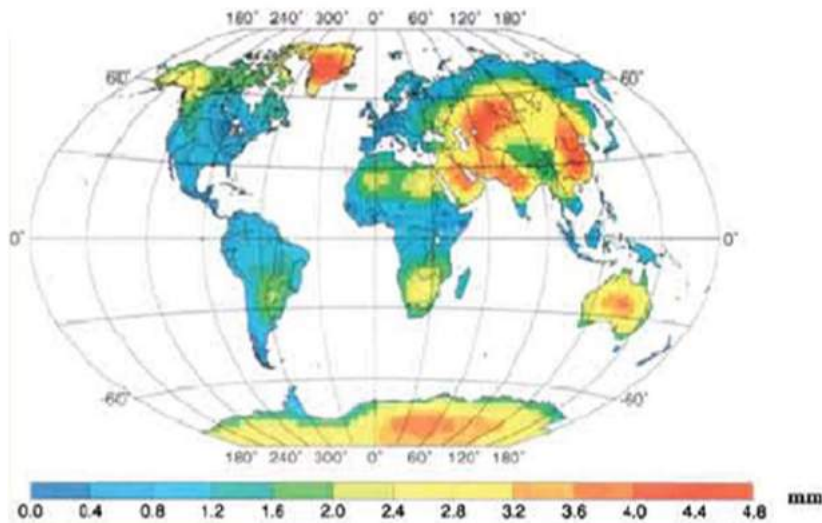


GAMIT-GLOBK

■ Carga atmosférica

□ Presión atmosférica

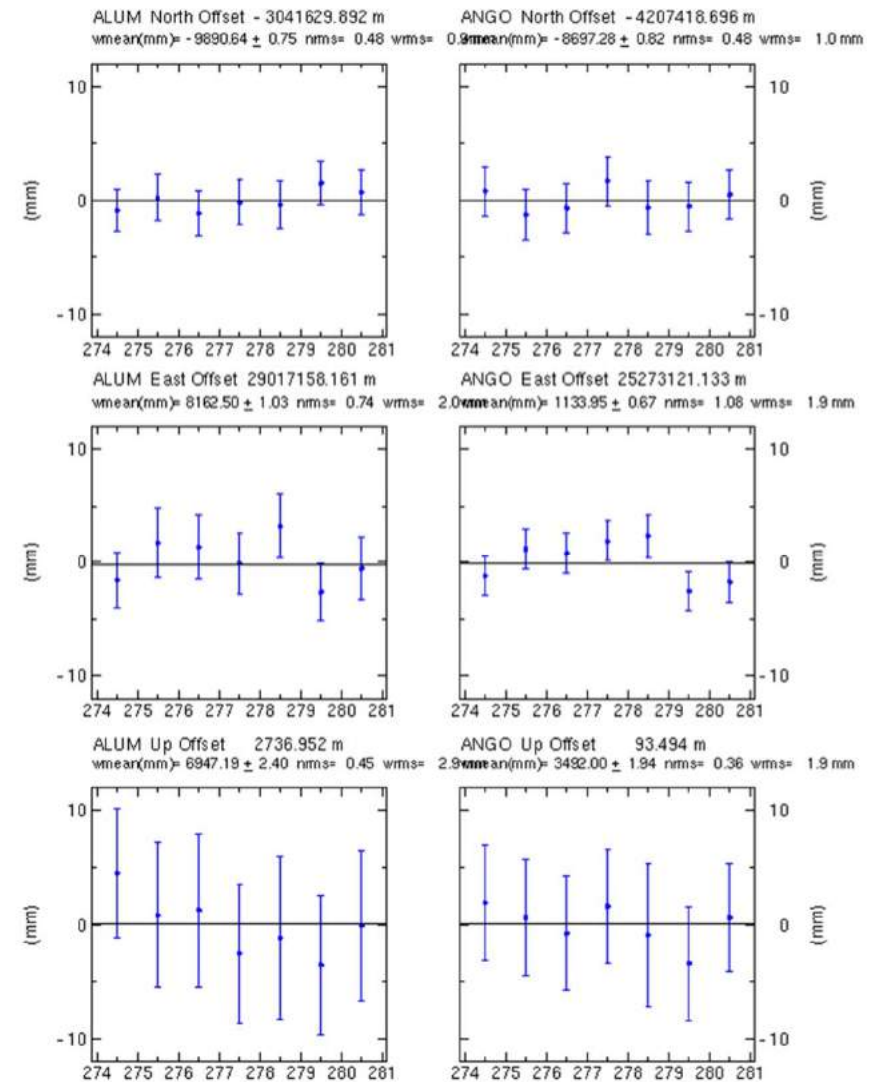
- Depende de la altura, la temperatura y la humedad



Variación Máxima de 25 mm

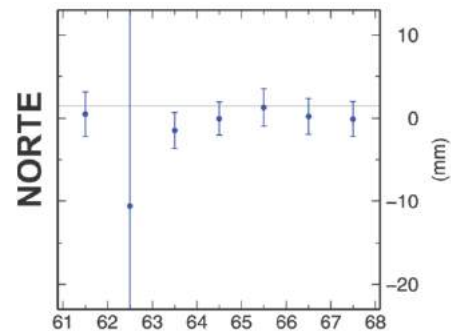
GAMIT-GLOBK

- Procesamiento por día
- Se obtienen coordenadas diarias de cada estación
- Se combinan en una solución semanal que otorga precisiones milimétricas

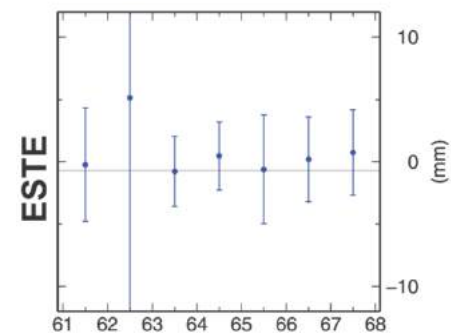


GAMIT-GLOBK

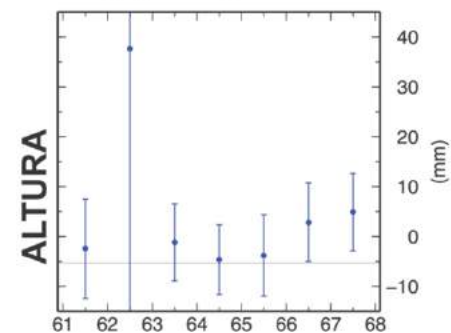
SURY North Offset -3244000.502 m
wmean(mm)= -503.91 $\pm$ 0.89 nrms= 0.40 wrms= 0.9 mm



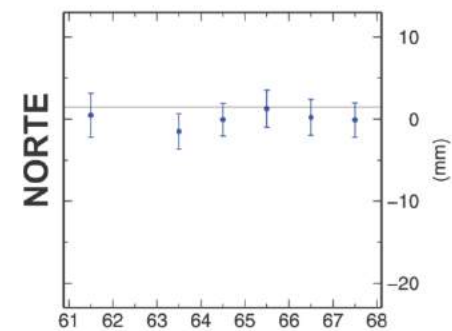
SURY East Offset 28910598.449 m
wmean(mm)= 8450.34 $\pm$ 1.37 nrms= 0.17 wrms= 0.6 mm



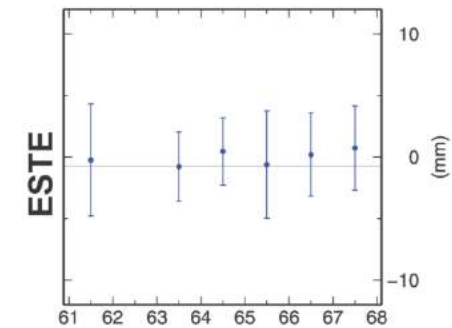
SURY Up Offset 119.740 m
wmean(mm)= 9747.20 $\pm$ 3.25 nrms= 0.63 wrms= 5.4 mm



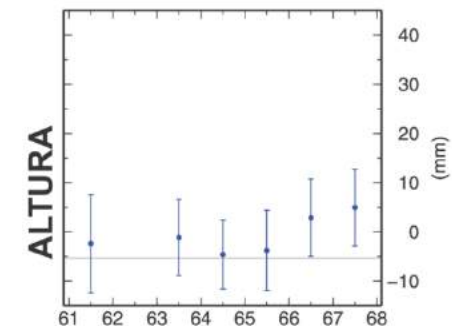
SURY North Offset -3244000.502 m
wmean(mm)= -503.91 $\pm$ 0.89 nrms= 0.40 wrms= 0.9 mm



SURY East Offset 28910598.449 m
wmean(mm)= 8450.34 $\pm$ 1.37 nrms= 0.17 wrms= 0.6 mm



SURY Up Offset 119.740 m
wmean(mm)= 9747.20 $\pm$ 3.25 nrms= 0.63 wrms= 5.4 mm



Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

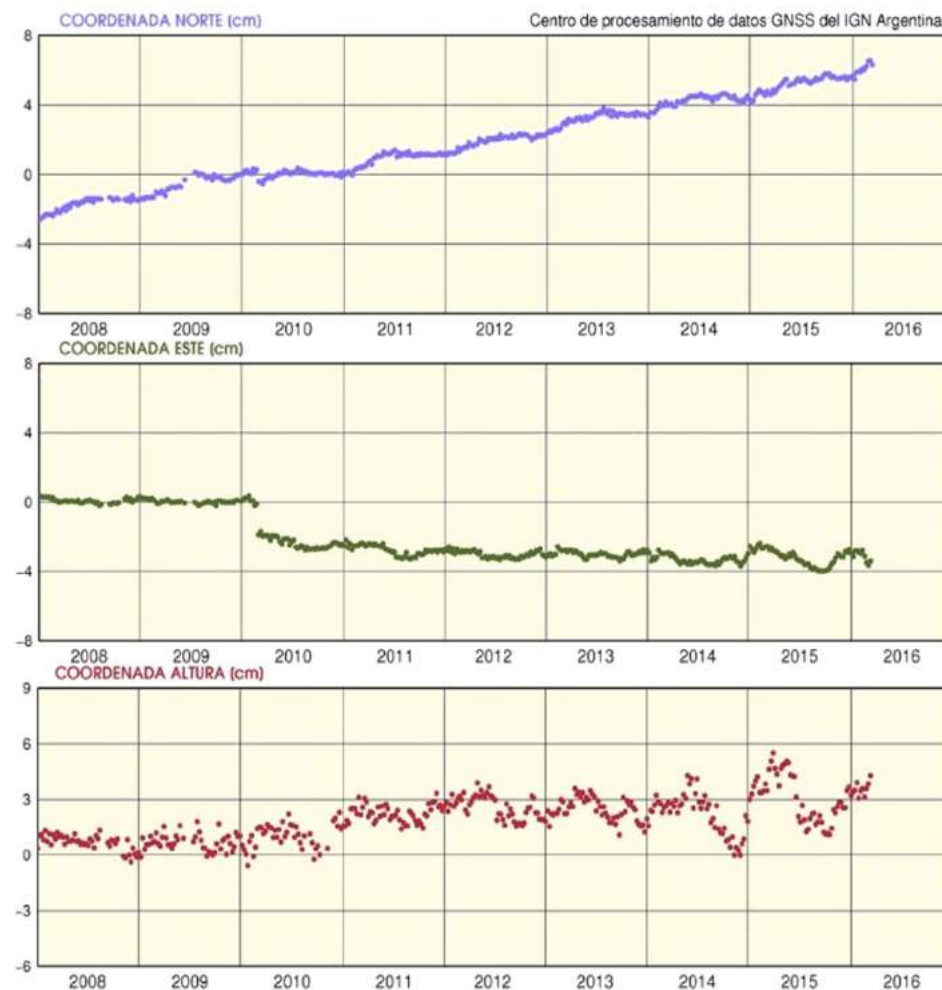
Estación AUTF

Ushuaia, Tierra del Fuego



Estación IGM1

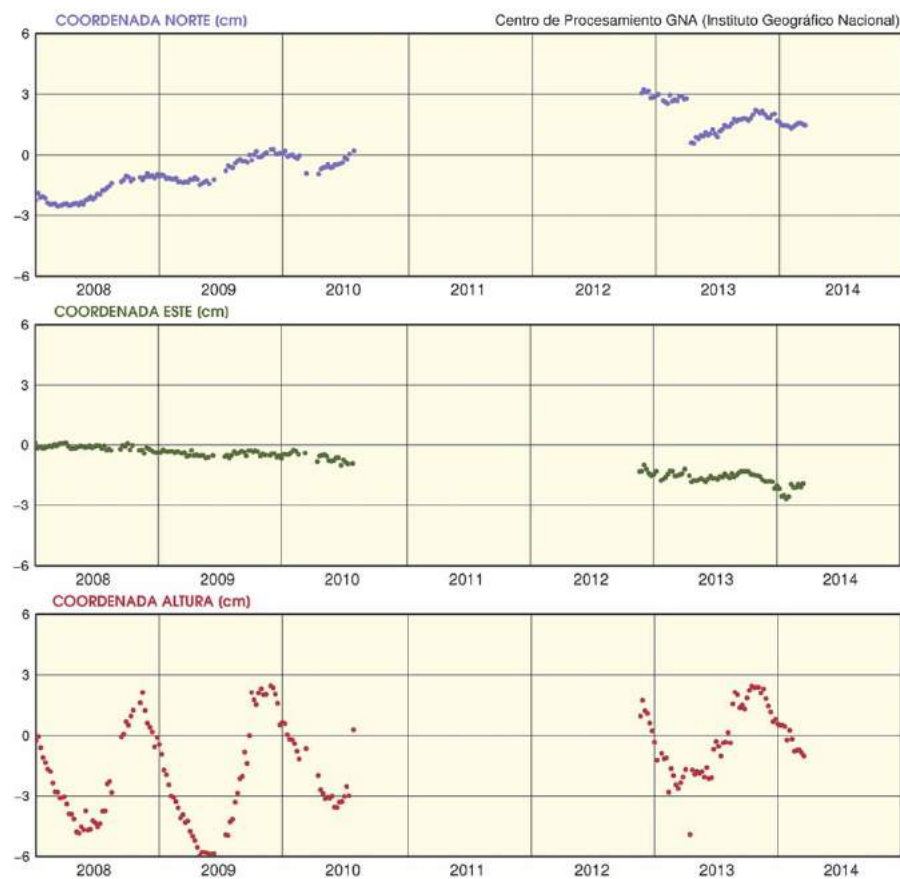
Ciudad de Buenos Aires, Buenos Aires



Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

Estación NAUS

Manaos, Brasil

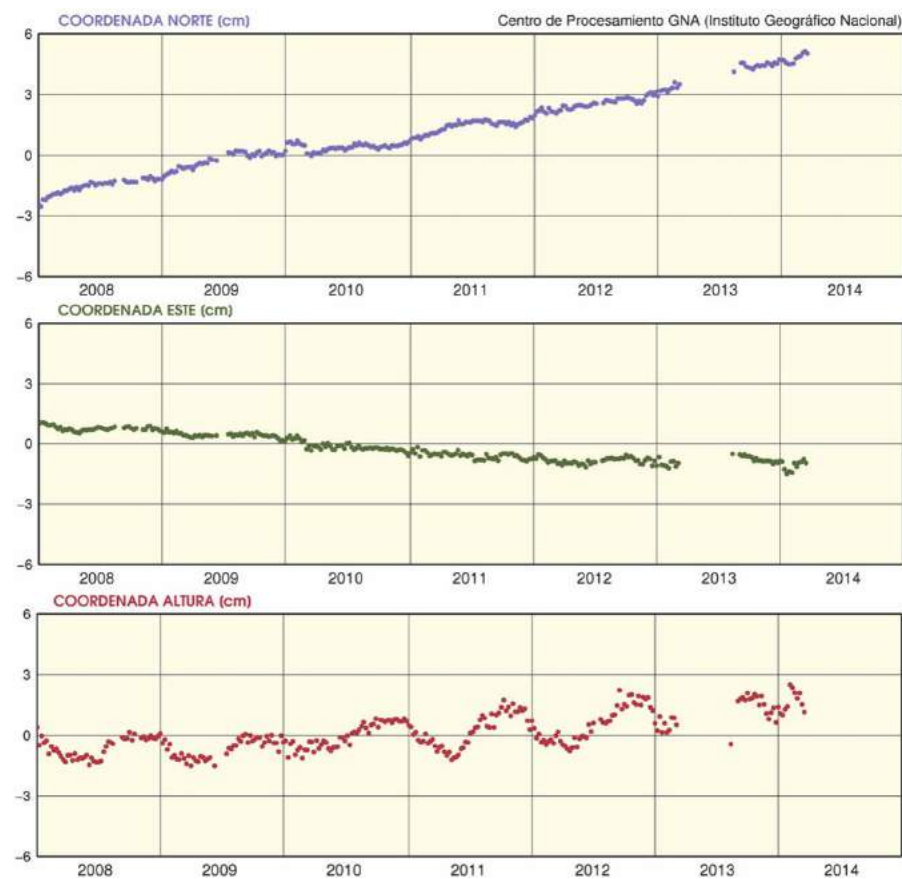


Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo



Estación CHPI

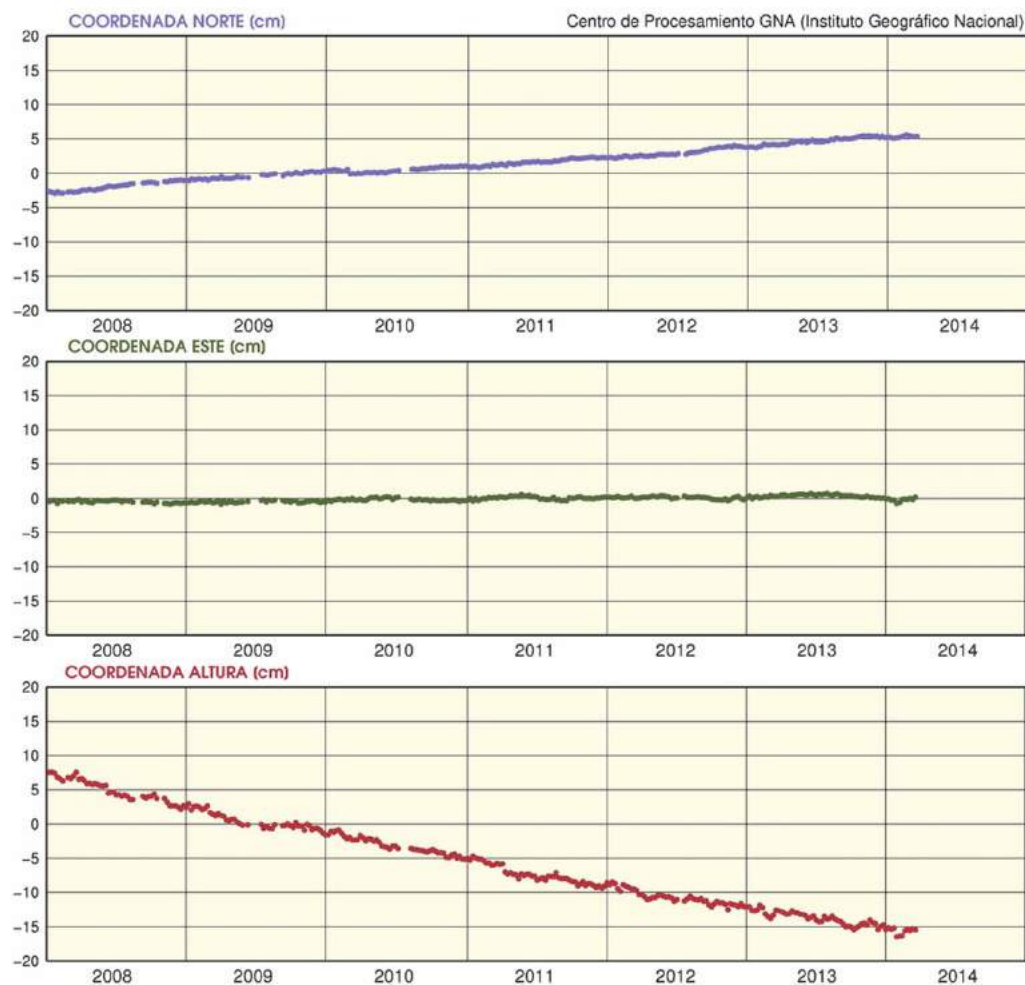
Cachoeira, Brasil



Centro de Procesamiento GNA – Series de tiempo

Estación BOGT

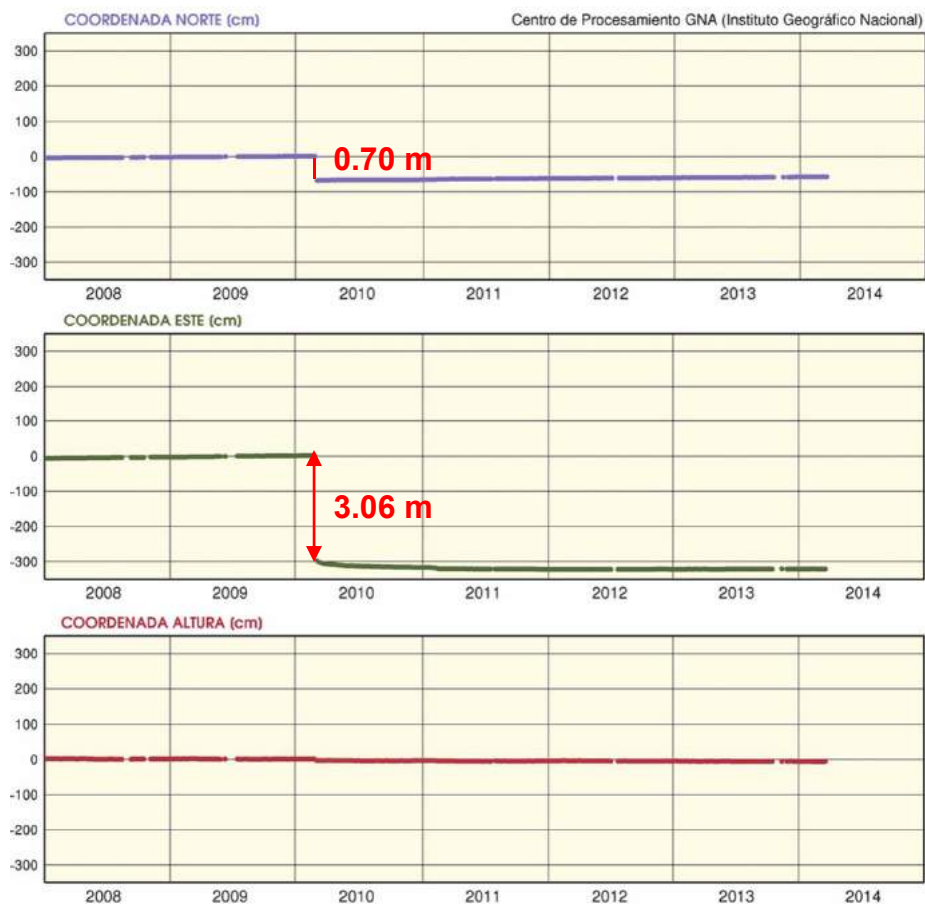
Bogotá, Colombia



Caso CONZ

Estación CONZ

Concepción, Chile





Introducción al Sistema GNSS

GNSS – Sistema Global de Navegación por Satélite

- Obtener las coordenadas de puntos medidos sobre la superficie terrestre, referidas a un Marco de Referencia Global.
- Medición de distancias a satélites, cuyas coordenadas son conocidas, permite calcular la coordenada incógnita.
- Distintas constelaciones de satélites: **GPS**, GLONASS, GALILEO.





Introducción al GPS

- Segmento espacial:
 - Constelación de 24 satélites + 8 de backup
- Segmento de control:
 - 18 estaciones
- Segmento de usuario:
 - Explotación de datos GPS

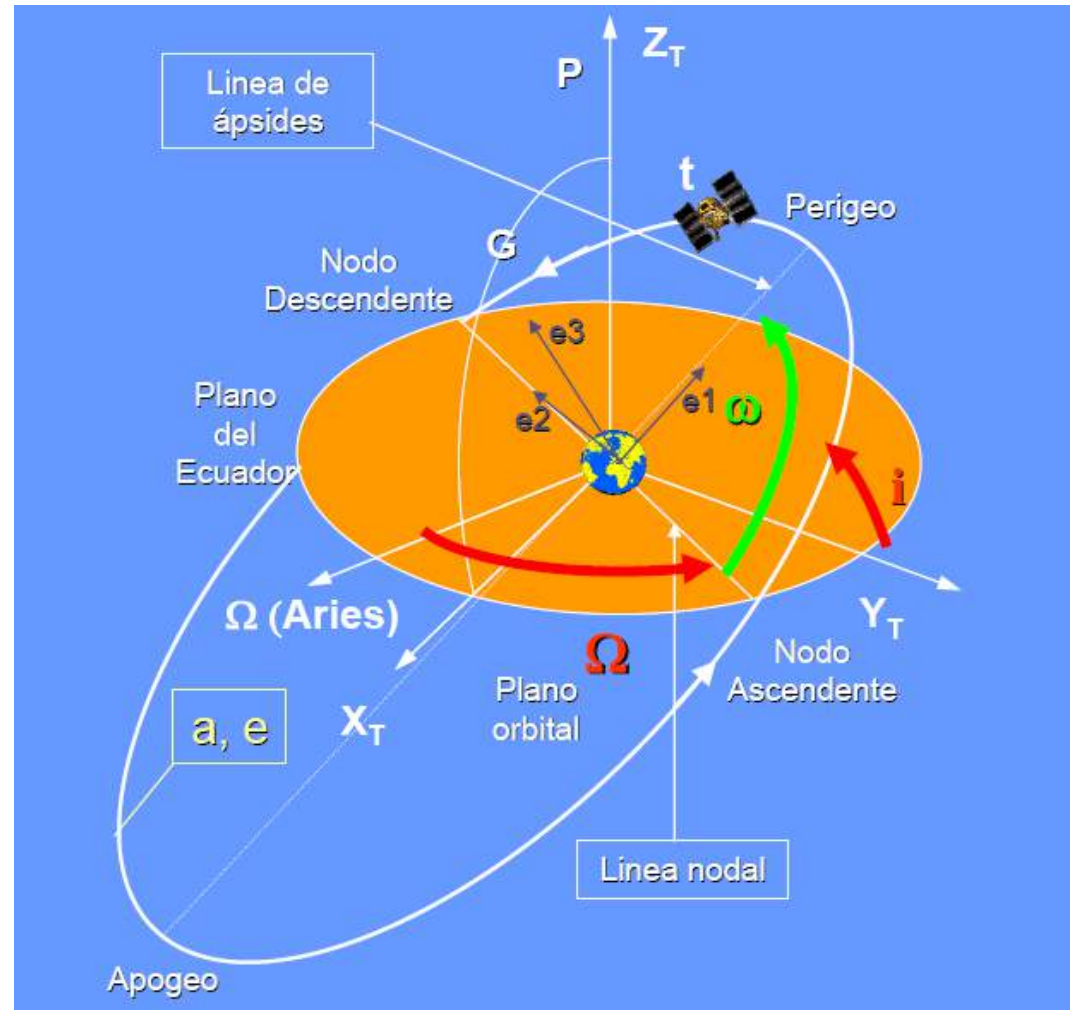
Segmento Espacial

- 32 satélites
- Altura de órbita de 20.200Km
- 6 planos orbitales
- Inclinação de 55°
- Período orbital de 12 horas sidéreas



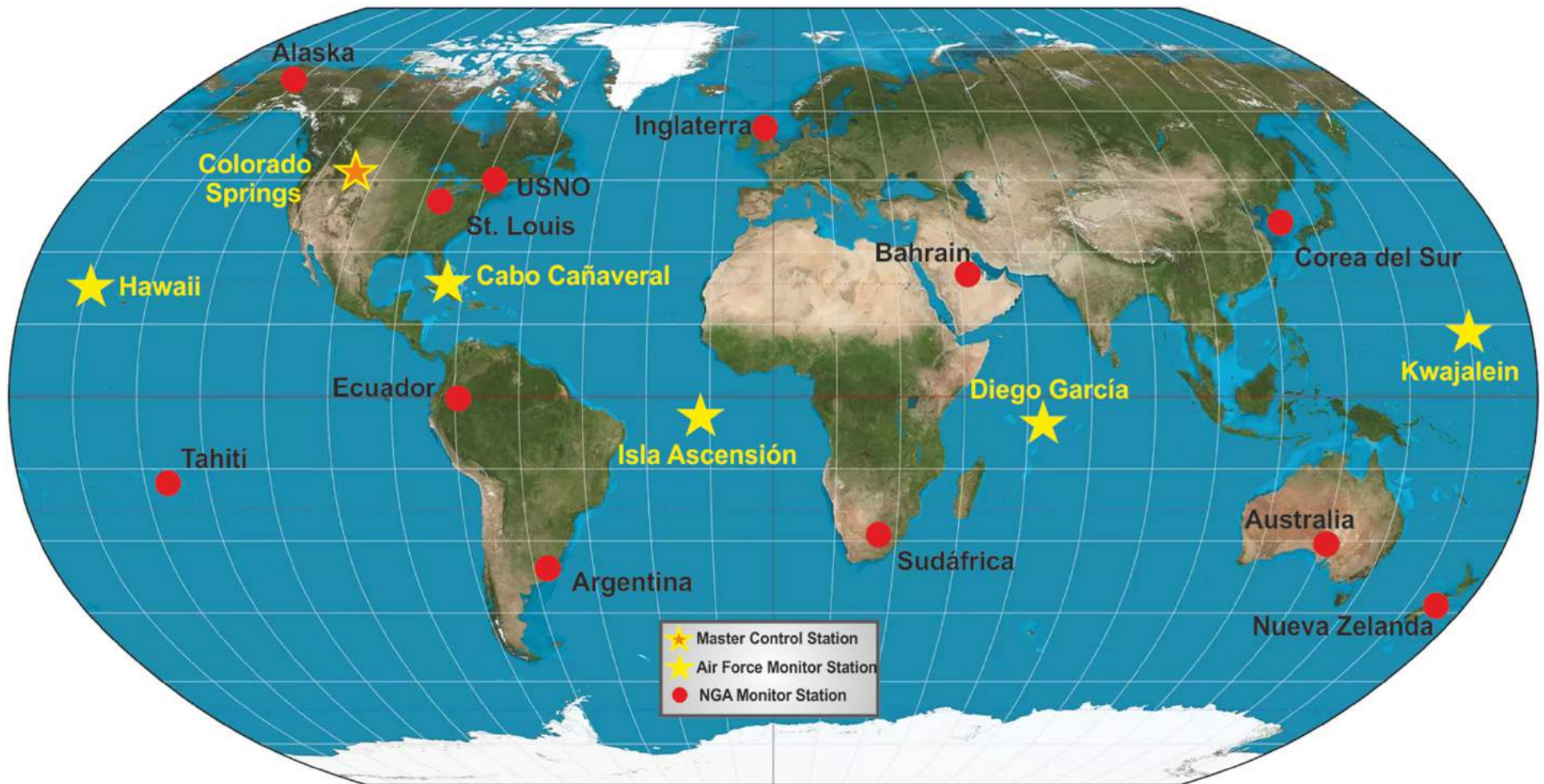
Segmento Espacial

- La órbita y ubicación de los satélites se calcula mediante parámetros orbitales

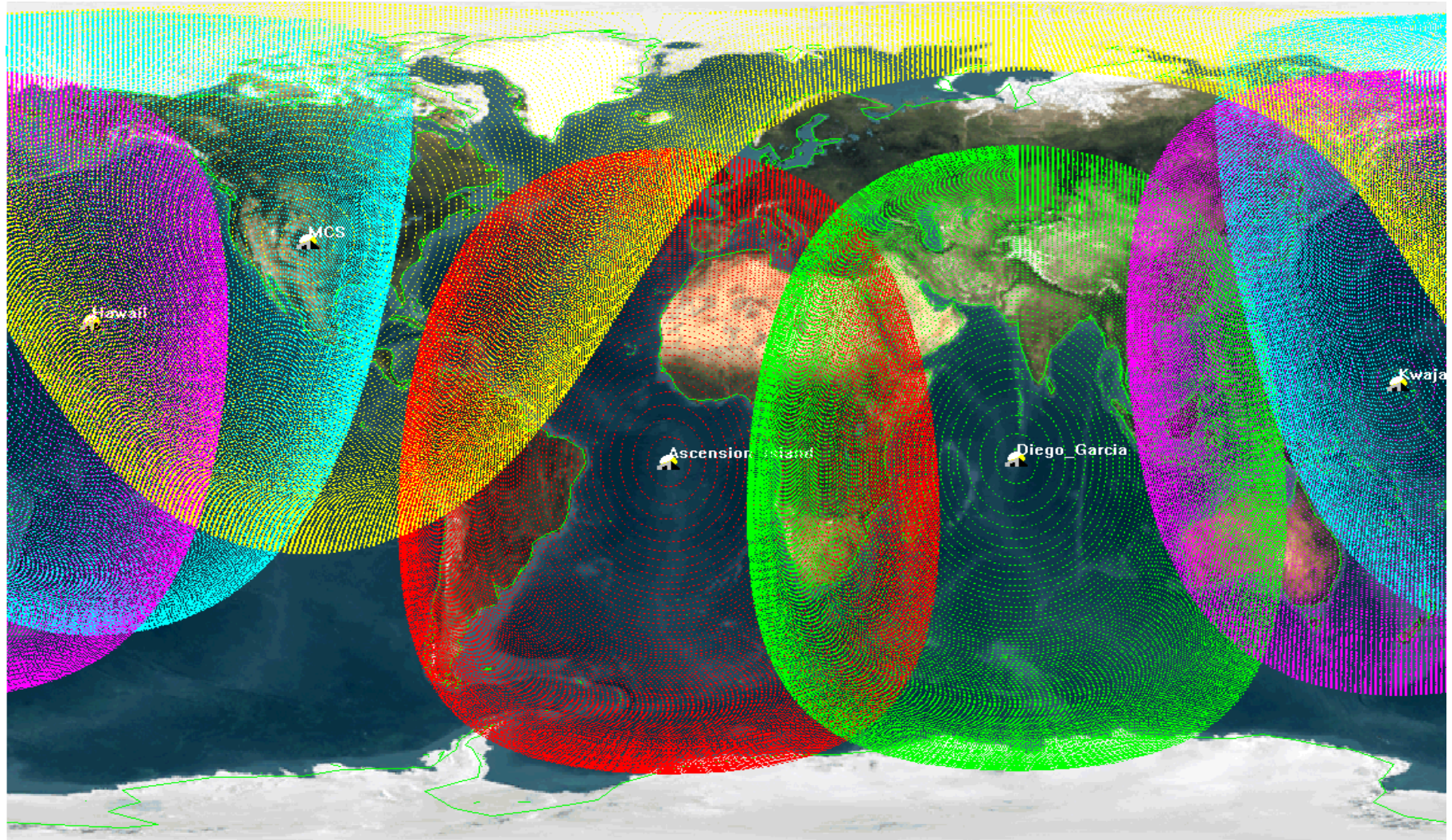


Segmento de Control

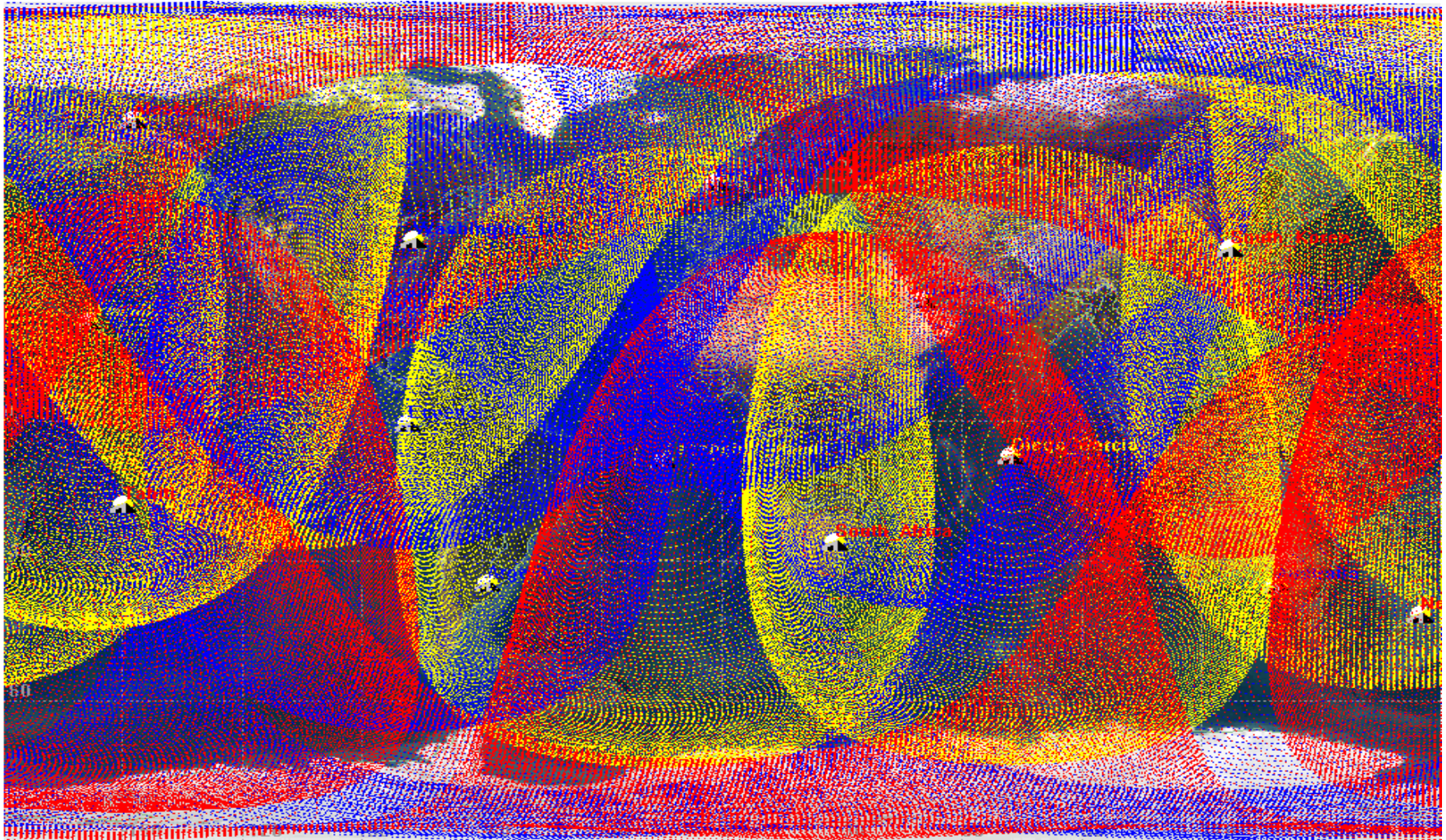
■ 18 estaciones



Segmento de Control – Cubrimiento inicial

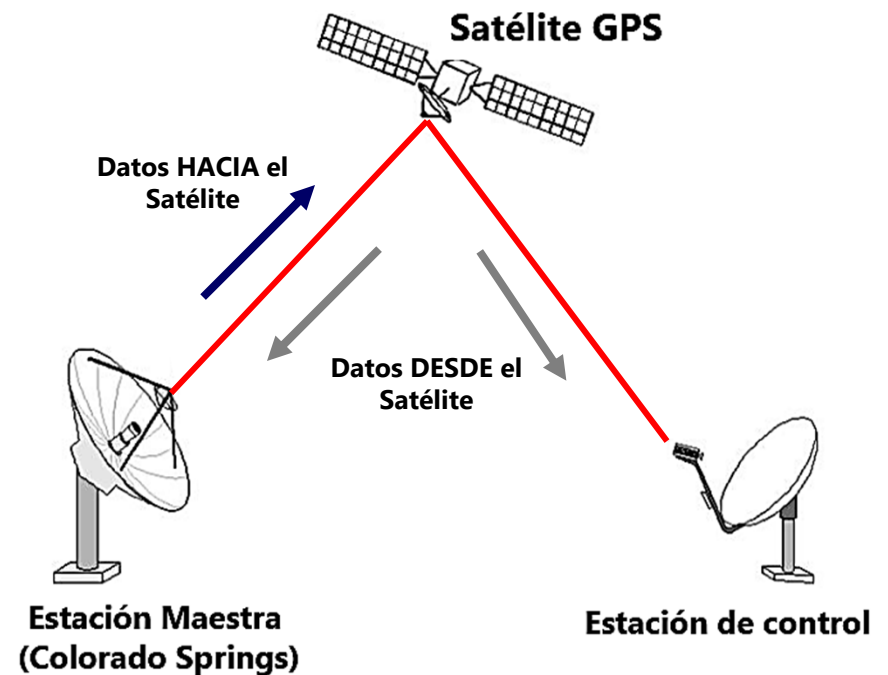


Segmento de Control – Cubrimiento actual



Segmento de Control

- Comunicación bidireccional con los satélites (Master Station).
- Cálculo de parámetros orbitales y correcciones y envío desde las estaciones de control a los satélites para su posterior transmisión a los usuarios del sistema.





Segmento de Control

■ Productos

- ☐ Efémerides transmitidas (cada 2 hs.)
- ☐ Datos inosféricos-troposféricos
- ☐ Estado de los relojes de los satélites (sincronización de tiempo)

Segmento de Usuario

- Cualquier equipo de medición que esté recibiendo datos de la señal GPS para posicionarse.



Receptores GPS

- Diversos tamaños: Desde el tamaño de un reloj al tamaño de un rack
- Diferentes precios: Desde los 100 u\$d aprox., hasta varios miles de dólares, según precisión, interfaz, capacidades, etc.



Receptores GPS

■ ELEMENTOS IMPRESCINDIBLES

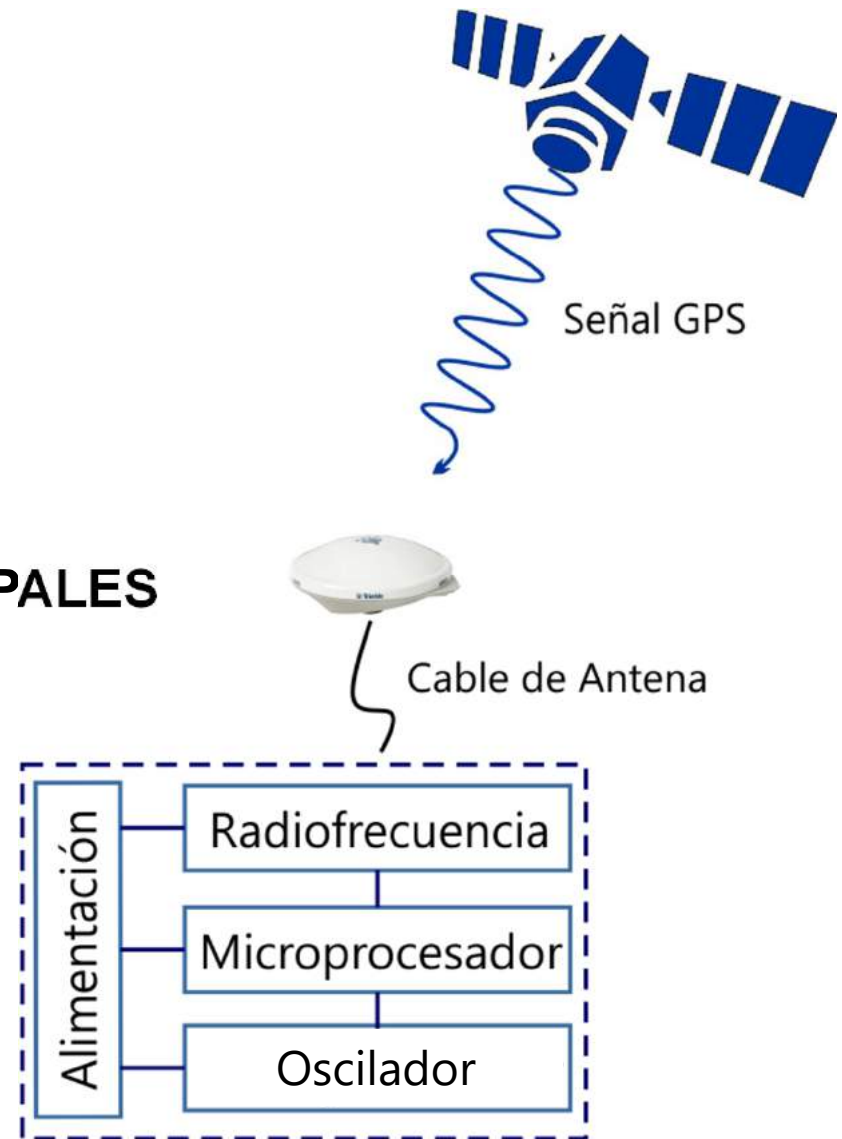
- ☐ Antena
- ☐ Sección de Radiofrecuencia
- ☐ Microprocesador + Firmware
- ☐ Oscilador
- ☐ Fuente de Alimentación

■ ELEMENTOS ACCESORIOS PRINCIPALES

- ☐ Interfaz de usuario
- ☐ Memoria
- ☐ Dispositivos de puesta en estación
- ☐ Puertos de comunicación

■ ELEMENTOS ACCESORIOS SEC.

- ☐ Dispositivo de retransmisión
- ☐ Conexión frecuencia externa
- ☐ Salida de tiempo 1 PPS



Antenas GPS

■ VERDADERO “SENSOR”

- ☐ Tiene por objeto convertir la radiación electromagnética procedente de los satélites en señal eléctrica
- ☐ Poseen un dispositivo que amplifica la señal recogida, para que luego ésta sea interpretada en la etapa de Radiofrecuencia

■ ¿CUÁL ES LA ADECUADA?

- ☐ Precisión y uso
- ☐ Capacidades
- ☐ Tamaño
- ☐ Precio





Posicionamiento con el Sistema GNSS



Señal GPS

■ Portadoras

- ☐ L1

- ☐ L2

- ☐ L5

■ Códigos

- ☐ C/A

- ☐ P

- ☐ Mensaje de Navegación



Señal GPS - Portadoras

- Frecuencia fundamental $f_0 = 10.23\text{Mhz}$
- Portadora L1
 - Frecuencia $f = 1575.42\text{Mhz}$ ($154 f_0$)
 - $\lambda = 19.0\text{cm}$
 - Transporta los códigos C/A, P1 y el mensaje de navegación
- Portadora L2
 - Frecuencia $f = 1227.60\text{Mhz}$ ($120 f_0$)
 - $\lambda = 24.4\text{cm}$
 - Transporta el código P2



Señal GPS - Códigos

■ C/A – Course Acquisition

- Frecuencia $f = 1.023\text{Mhz}$ ($f_0/10$)
- $\lambda = 300\text{m}$

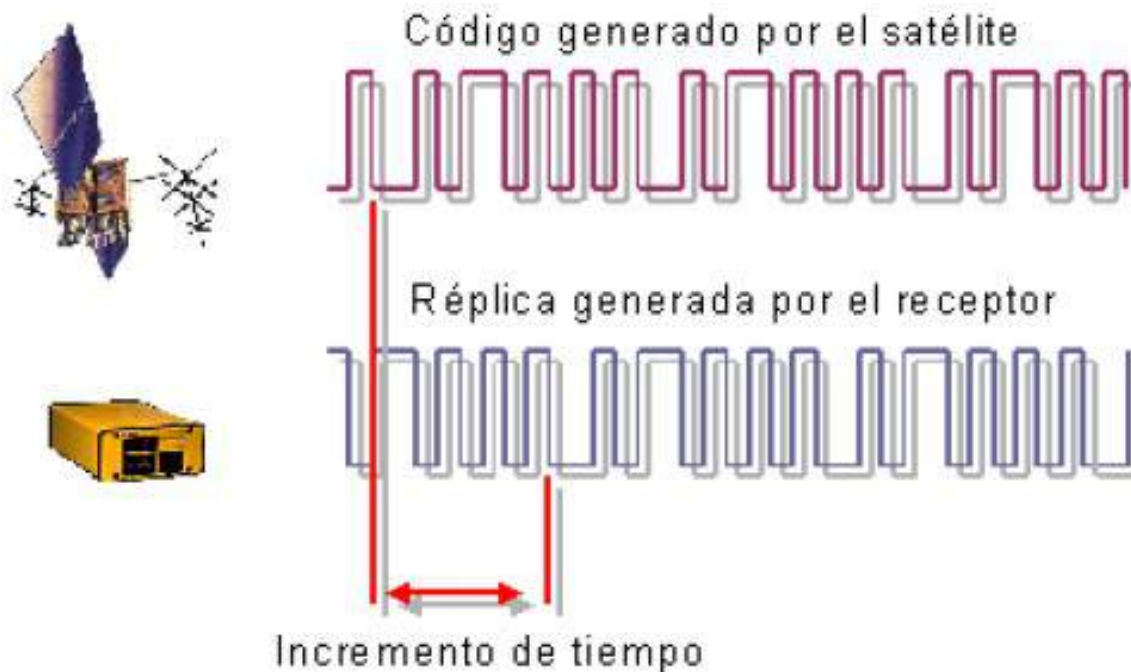
■ Código P

- Frecuencia $f = 10.23\text{Mhz}$ (f_0)
- $\lambda = 30\text{m}$

Distancia Satélite-Receptor

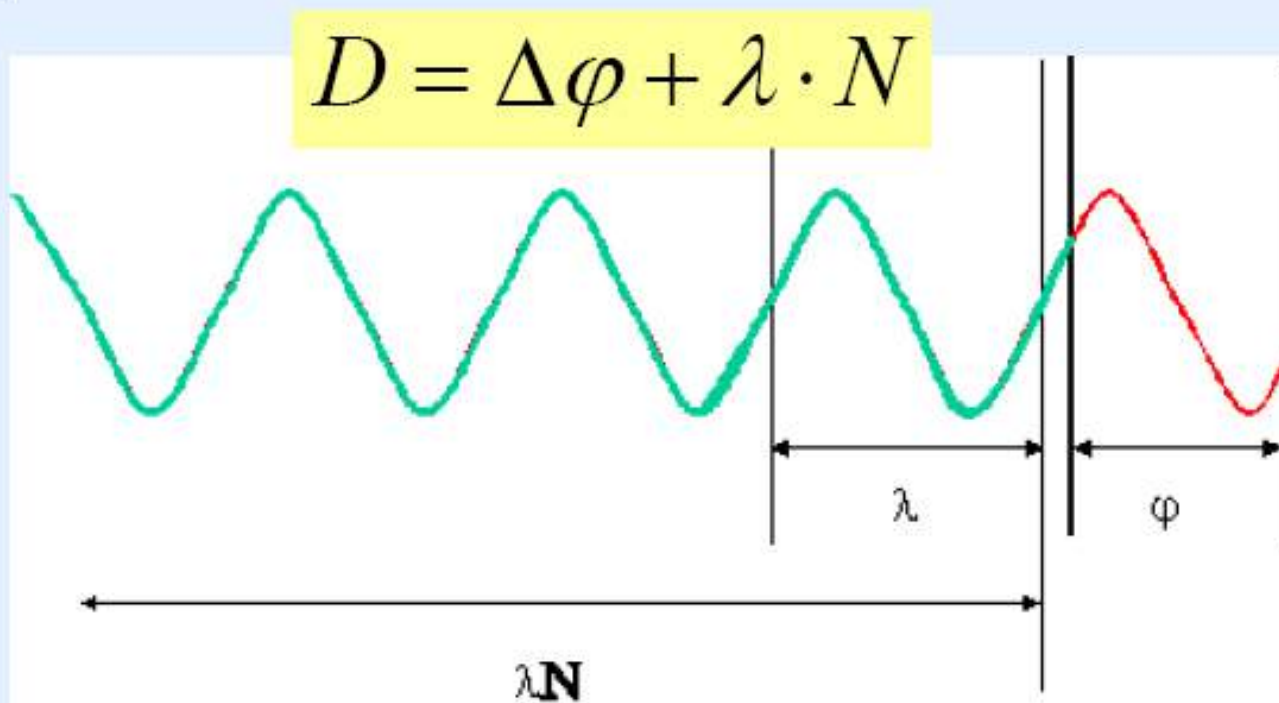
- La determinación de la posición de un punto mediante GPS se basa en la medida de la **distancia** entre el receptor y el satélite.
- El concepto de **observable GPS** es una medida de dicha distancia derivada de:
 - medidas de tiempo ó
 - diferencias de fase

basadas en la comparación entre la señal recibida por el receptor procedente del satélite, y la réplica de dicha señal generada por el receptor.



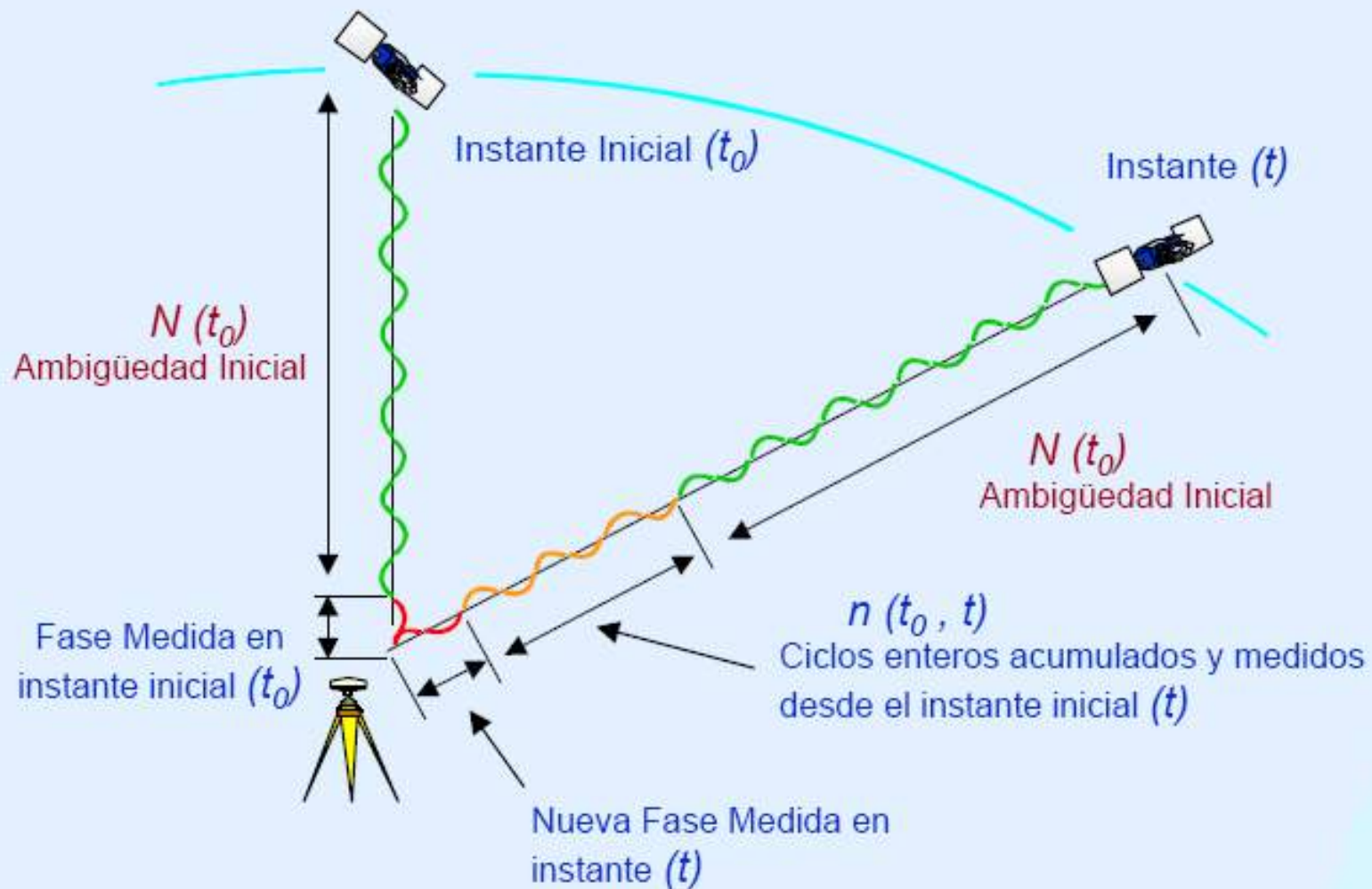
Pseudodistancias de fase

- El observable de fase es la diferencia entre la fase de la portadora recibida del satélite y la fase generada internamente por el oscilador del receptor.
- Estas medidas de fase no tienen en cuenta el número de ondas enteras que hay entre el receptor y el satélite.
- La distancia satélite-receptor está relacionada con el número entero de longitudes de onda (N) y su fase:



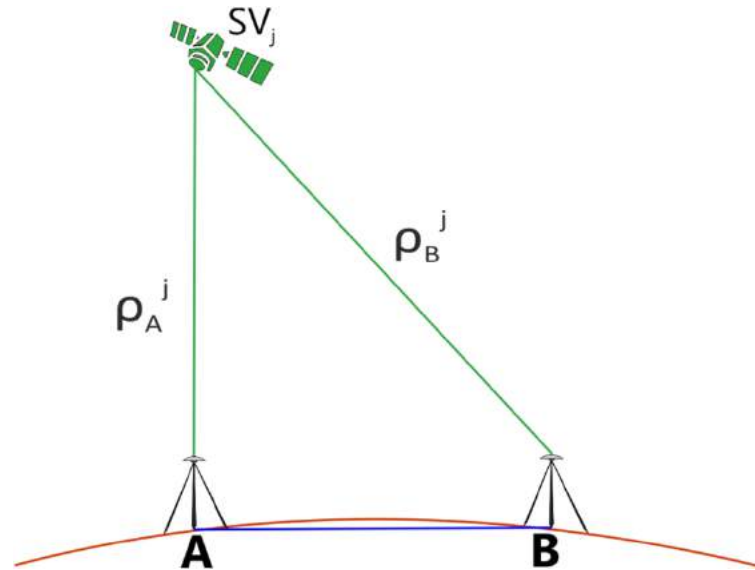
Pseudodistancias de fase

- Teniendo en cuenta la distancia Satélite-Receptor en dos posiciones del primero, una vez 'fijado' el satélite, el receptor evalúa ciclos y fracción de ellos, pero no puede determinar la **Ambigüedad Inicial de Fase**



POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

Simple Diferencias



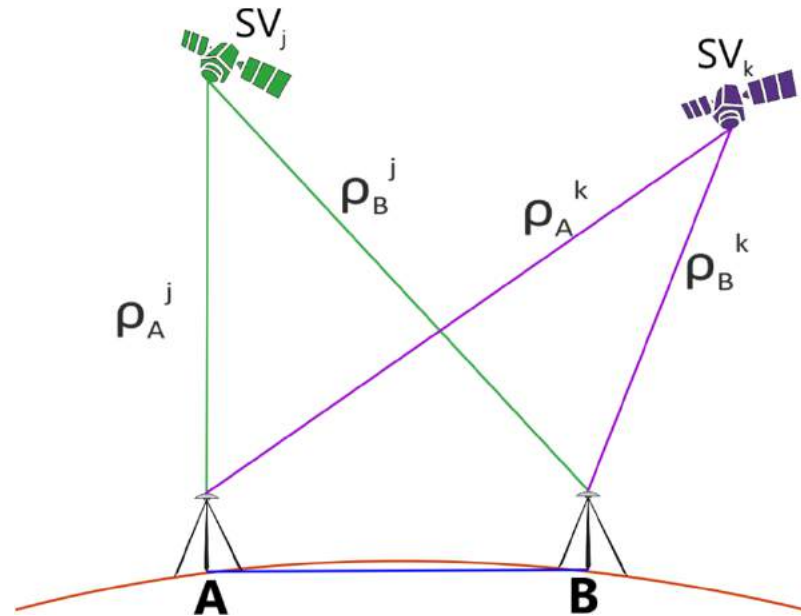
$$\rho_A^j(t) = (1/\lambda) \Phi_A^j(t) + N_A^j + f^j \delta^j(t) - f^j \delta_A(t)$$

$$\rho_B^j(t) = (1/\lambda) \Phi_B^j(t) + N_B^j + f^j \delta^j(t) - f^j \delta_B(t)$$

$$\rho_{AB}^j(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^j(t) + N_{AB}^j - f^j \delta_{AB}(t)$$

POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

Dobles Diferencias



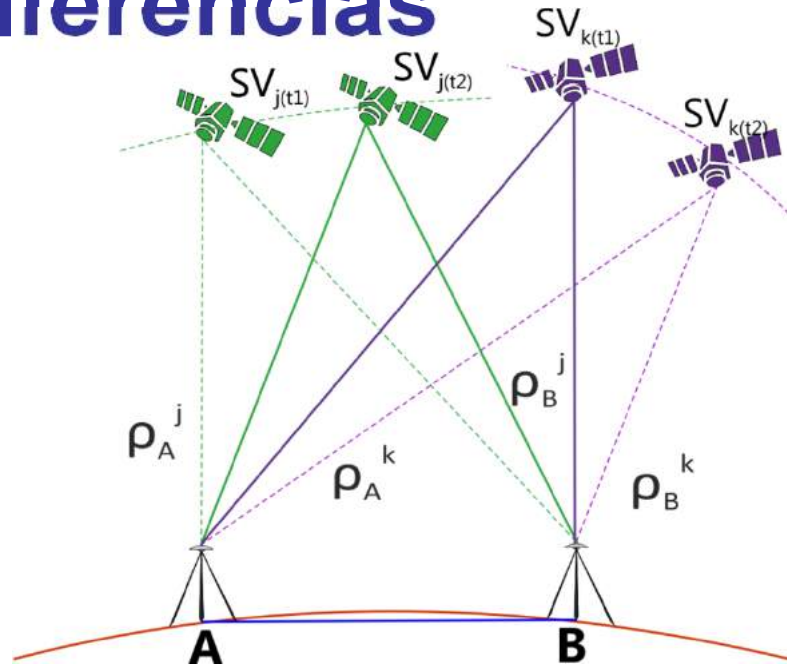
$$\rho_{AB}^j(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^j(t) + N_{AB}^j - f^j \delta_{AB}(t)$$

$$\rho_{AB}^k(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^k(t) + N_{AB}^k - f^k \delta_{AB}(t)$$

$$\rho_{AB}^{jk}(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t) + N_{AB}^{jk}$$

POSICIONAMIENTO DIFERENCIAL

Triples Diferencias



$$\rho_{AB}^{jk}(t_1) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_1) + N_{AB}^{jk}$$

$$\rho_{AB}^{jk}(t_2) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_2) + N_{AB}^{jk}$$

$$\boxed{\rho_{AB}^{jk}(t) = (1/\lambda) \Phi_{AB}^{jk}(t_{1-2})}$$



POSICIONAMIENTO CON GPS

MODOS

☐ AUTÓNOMO

☐ DIFERENCIAL

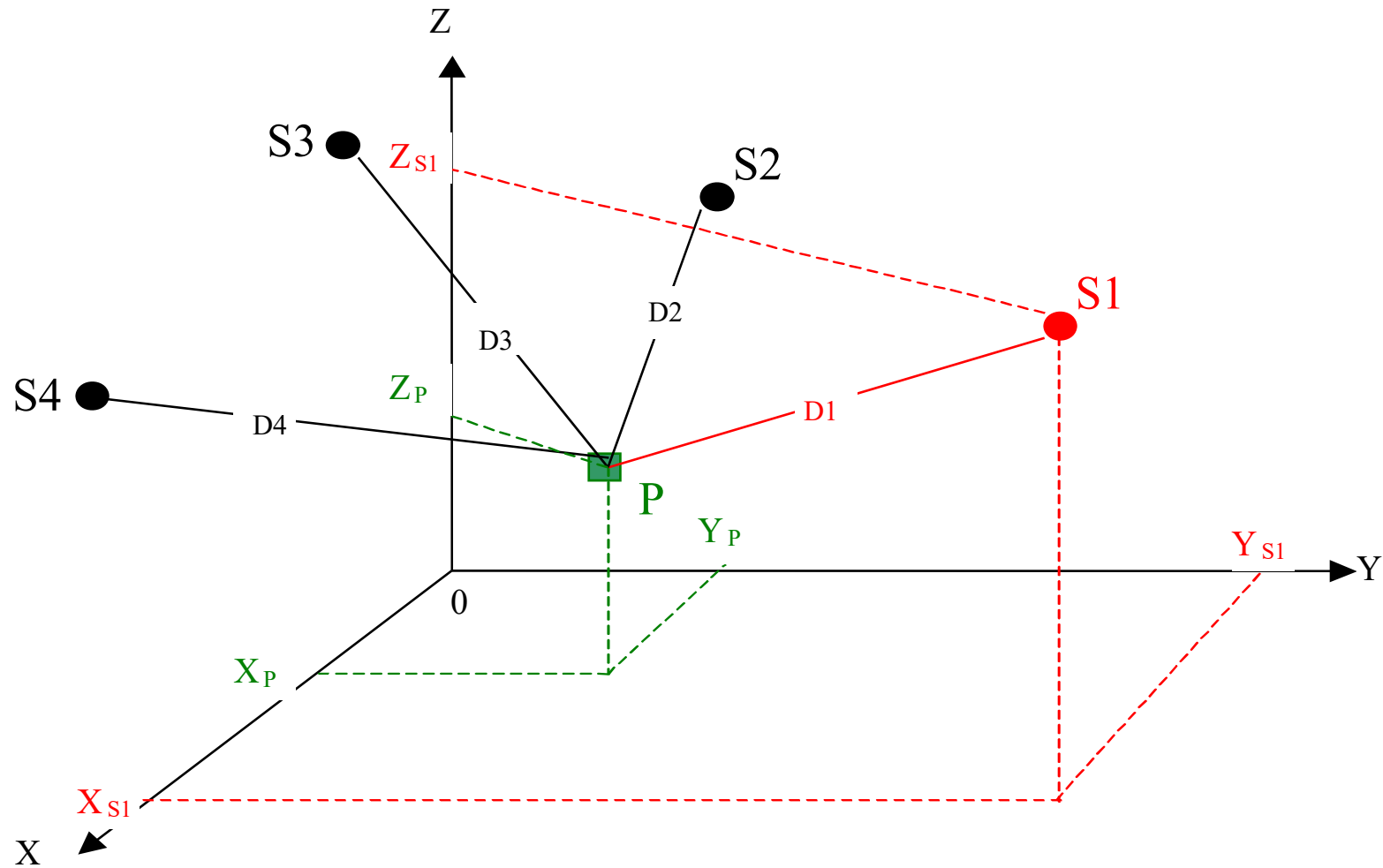
- ESTÁTICO
- CINEMÁTICO
- DGPS
- TIEMPO REAL (RTK)

Posicionamiento Autónomo

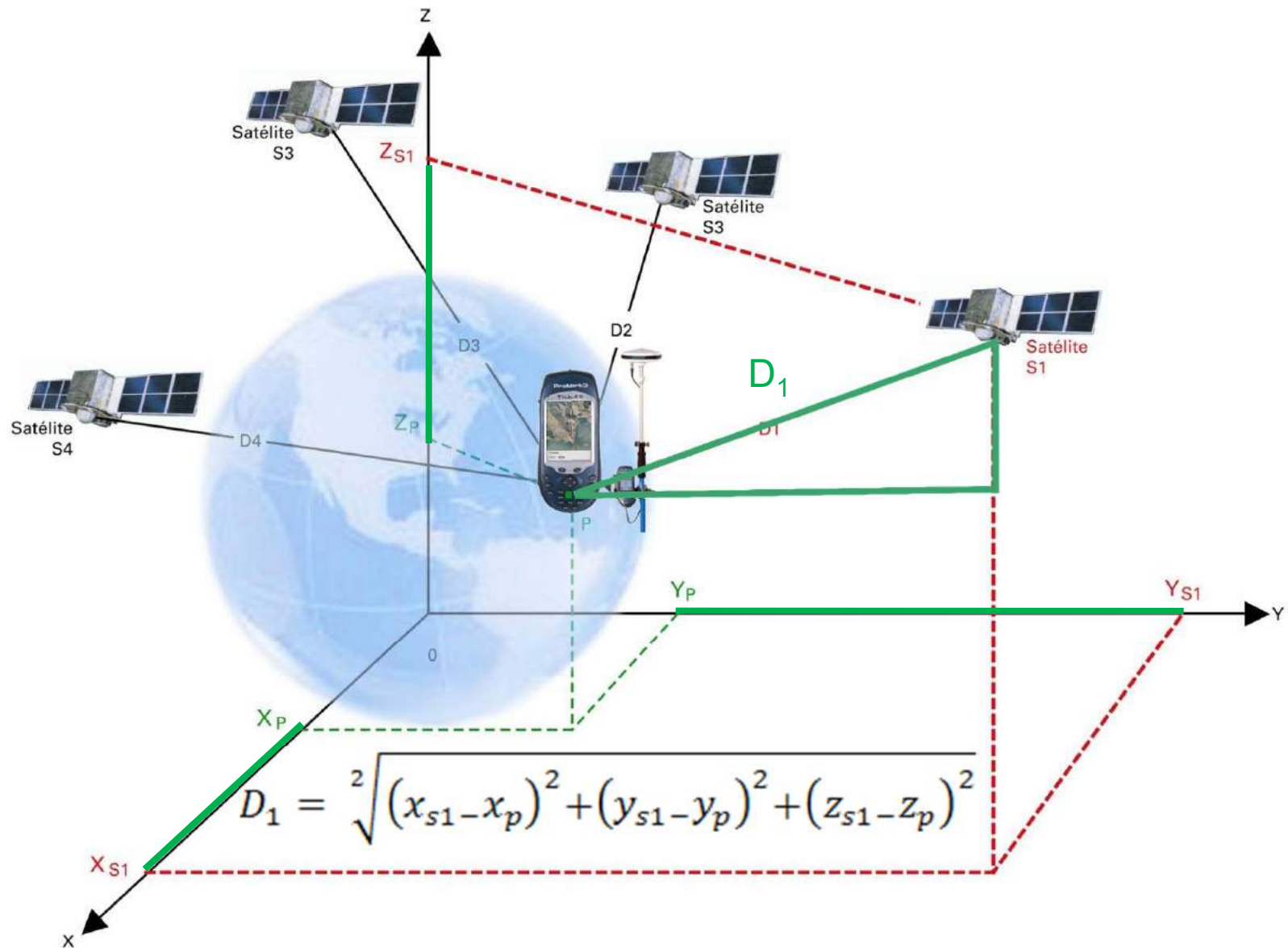
- Precisión entre 8m y 12m.
- Un solo receptor trabajando con el código C/A modulado en la portadora L1.
- Posicionamiento en tiempo real.



Posicionamiento Autónomo



Posicionamiento Autónomo



Posicionamiento Autónomo

- En general: $D = v \cdot t$ (M.R.U.)
- Para una onda en el vacío: $D = c \cdot t$
- Para la medición GPS:

Distancia receptor-satélite

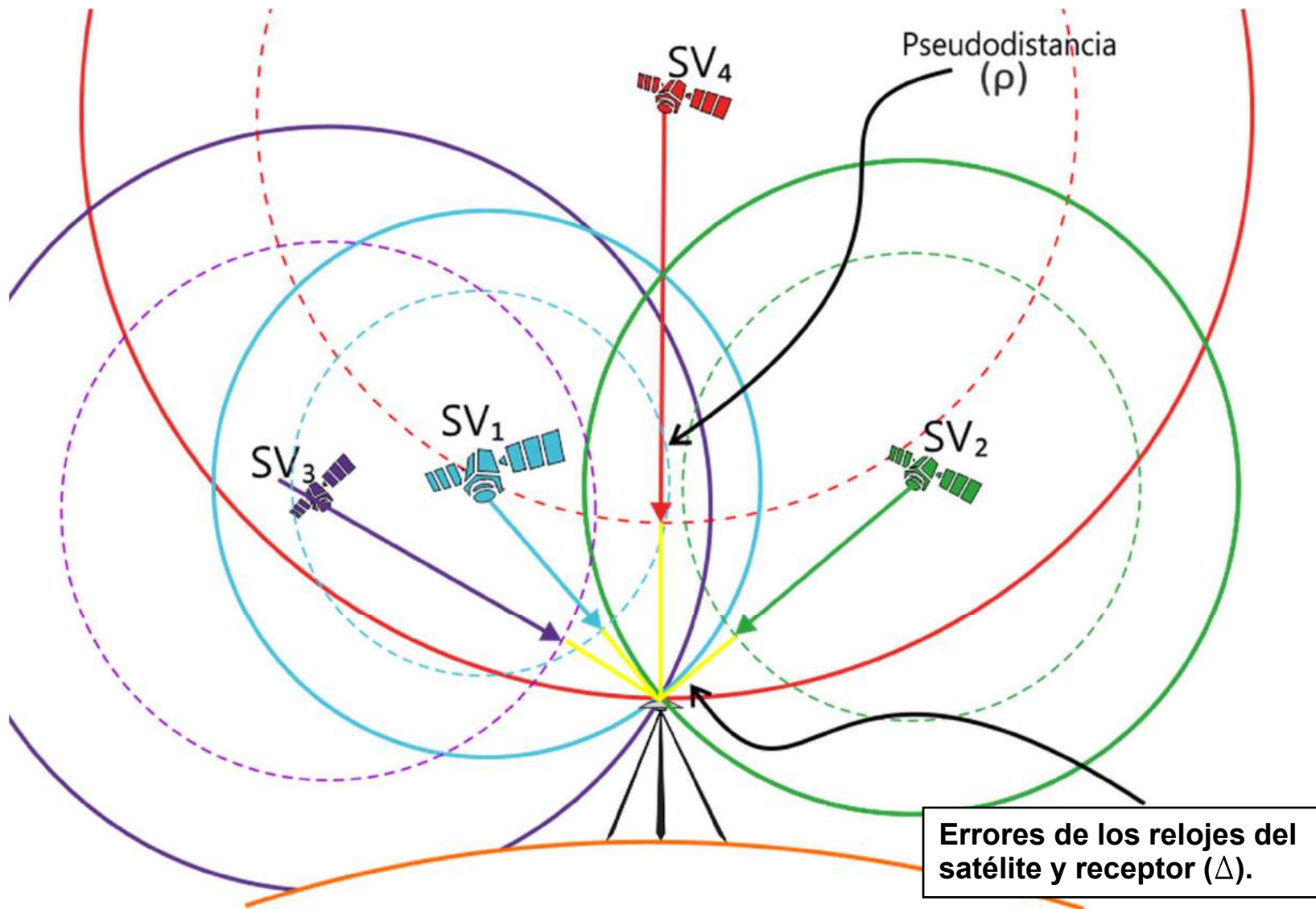
Errores de los relojes
del satélite y receptor
(incógnita)

$$D = c * (t + \Delta t)$$

Velocidad de la luz
300000Km/s

$\approx 0.07s$

Posicionamiento Autónomo



Posicionamiento Autónomo

$$c * (t_1 + \Delta t) = \sqrt{(x_{s1} - x_p)^2 + (y_{s1} - y_p)^2 + (z_{s1} - z_p)^2}$$

1 Ecuación
1 Satélite, S_1
1 Dato medido, t_1
3 Datos conocidos, $x_{s1}; y_{s1}; z_{s1}$
4 Incógnitas, $x_p; y_p; z_p; \Delta t$

■ Con 4 satélites...

$$\begin{aligned} c * (t_1 + \Delta t) &= \sqrt{(x_{s1} - x_p)^2 + (y_{s1} - y_p)^2 + (z_{s1} - z_p)^2} \\ c * (t_2 + \Delta t) &= \sqrt{(x_{s2} - x_p)^2 + (y_{s2} - y_p)^2 + (z_{s2} - z_p)^2} \\ c * (t_3 + \Delta t) &= \sqrt{(x_{s3} - x_p)^2 + (y_{s3} - y_p)^2 + (z_{s3} - z_p)^2} \\ c * (t_4 + \Delta t) &= \sqrt{(x_{s4} - x_p)^2 + (y_{s4} - y_p)^2 + (z_{s4} - z_p)^2} \end{aligned}$$

4 Ecuaciones
4 Incógnitas
Sistema Compatible
Determinado

↓

1 Solución
($X_p, Y_p, Z_p, \Delta t$)

Posicionamiento con GPS autónomo (GDOP)

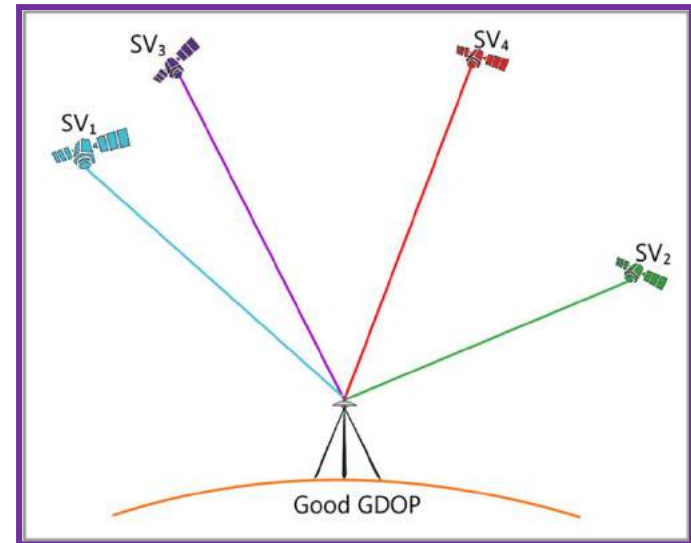
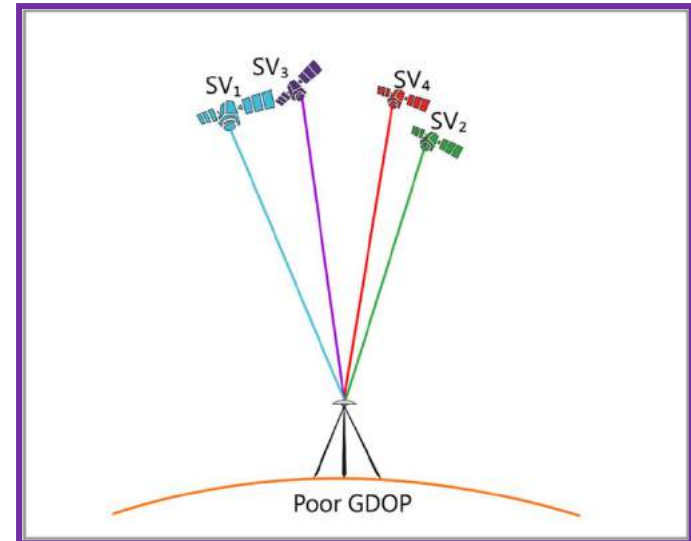
GDOP (Geometric Dilution of Precision)

PDOP (Position Dilution of Precision), 3D

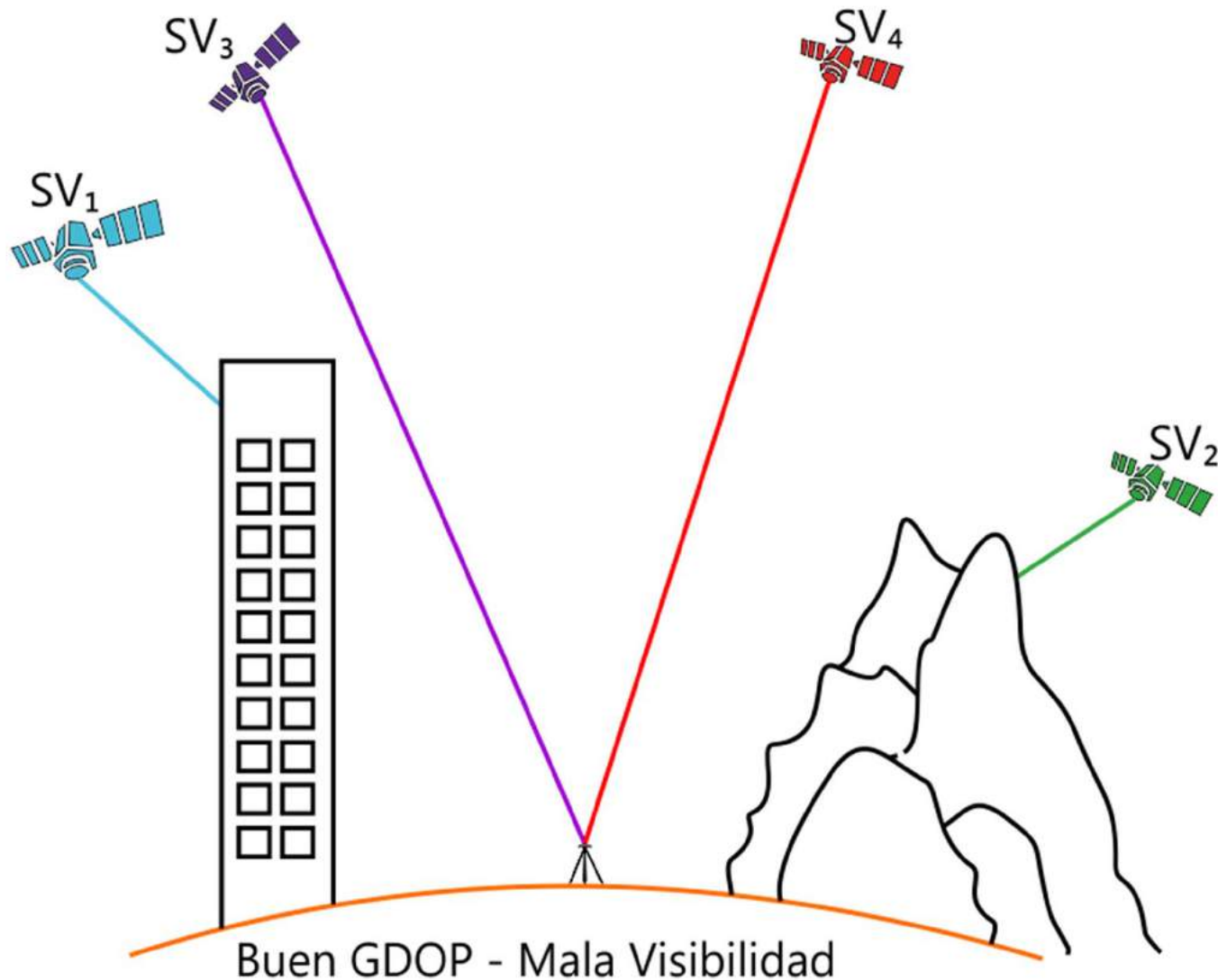
HDOP (Horizontal Dilution of Precision), Latitud y Longitud

VDOP (Vertical Dilution of Precision), Altura

TDOP (Time Dilution of Precision), Tiempo



Posicionamiento con GPS autónomo (GDOP)

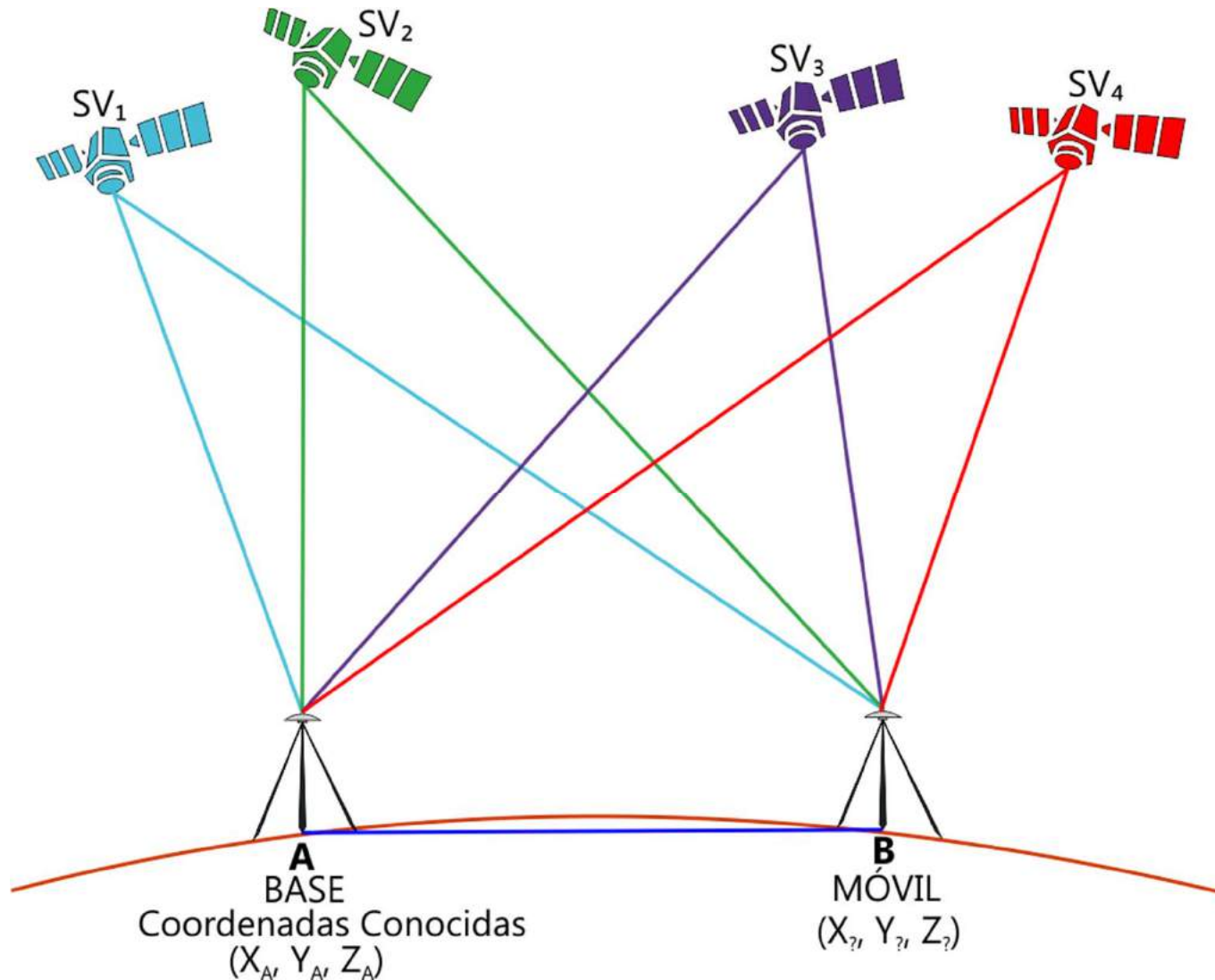


Posicionamiento Diferencial

- Consiste en **dos receptores** que miden en forma simultánea.
- Se calcula con mucha precisión el **vector** que separa los dos receptores GPS.
- Uno de los puntos debe tener **coordenada conocida** → **MARCO DE REFERENCIA**
- Resolución de ambigüedades



Posicionamiento con GPS Diferencial





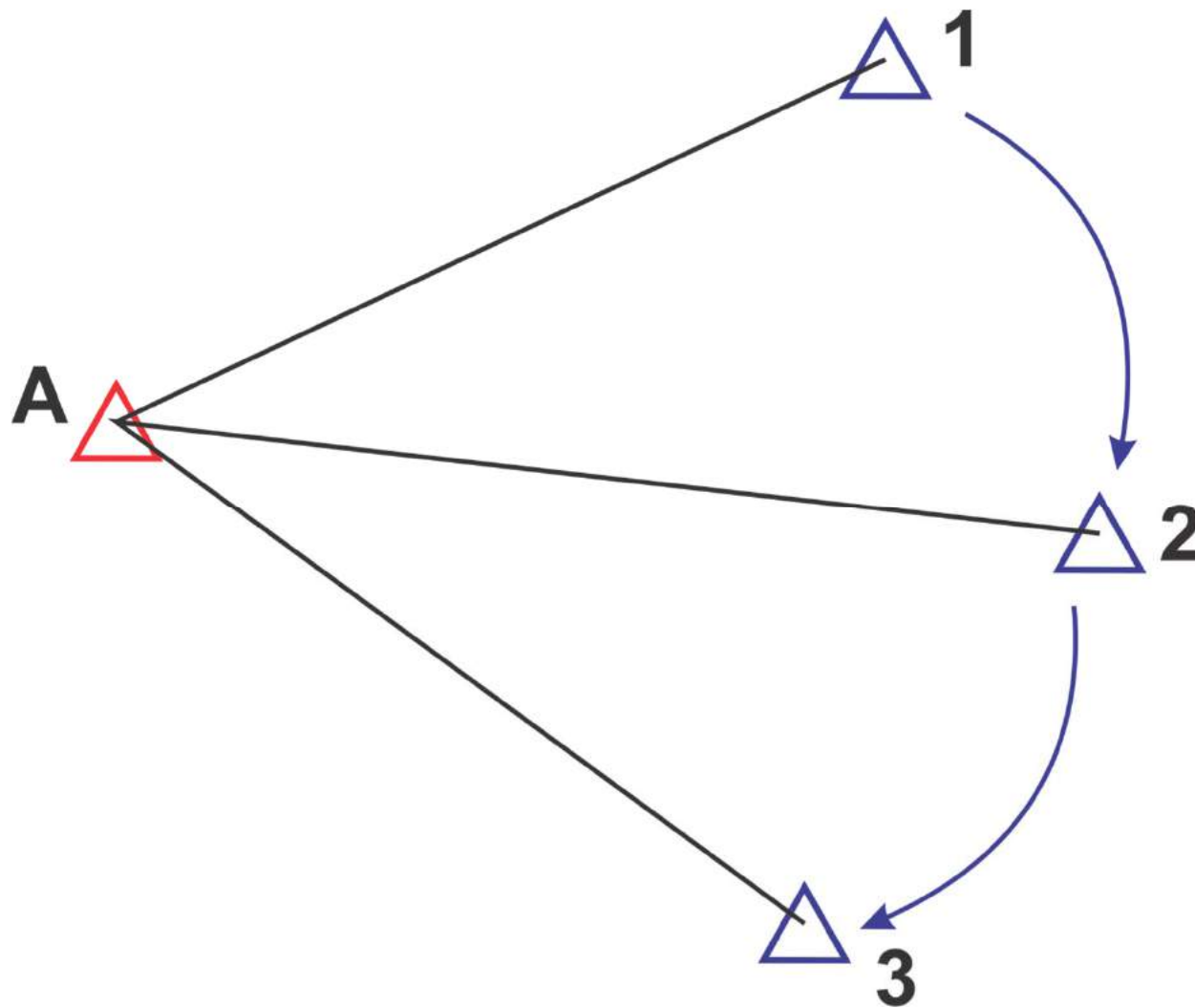
Medición Diferencial Estática

- 2 Ó MÁS RECEPTORES FIJOS MIDIENDO EN FORMA SIMULTÁNEA
- NECESIDAD DE UN PUNTO CON COORDENADAS CONOCIDAS
- RESOLUCIÓN DE AMBIGÜEDADES
- SOLUCIÓN DEL VECTOR

FIJA

FLOTANTE

Medición Diferencial Estática





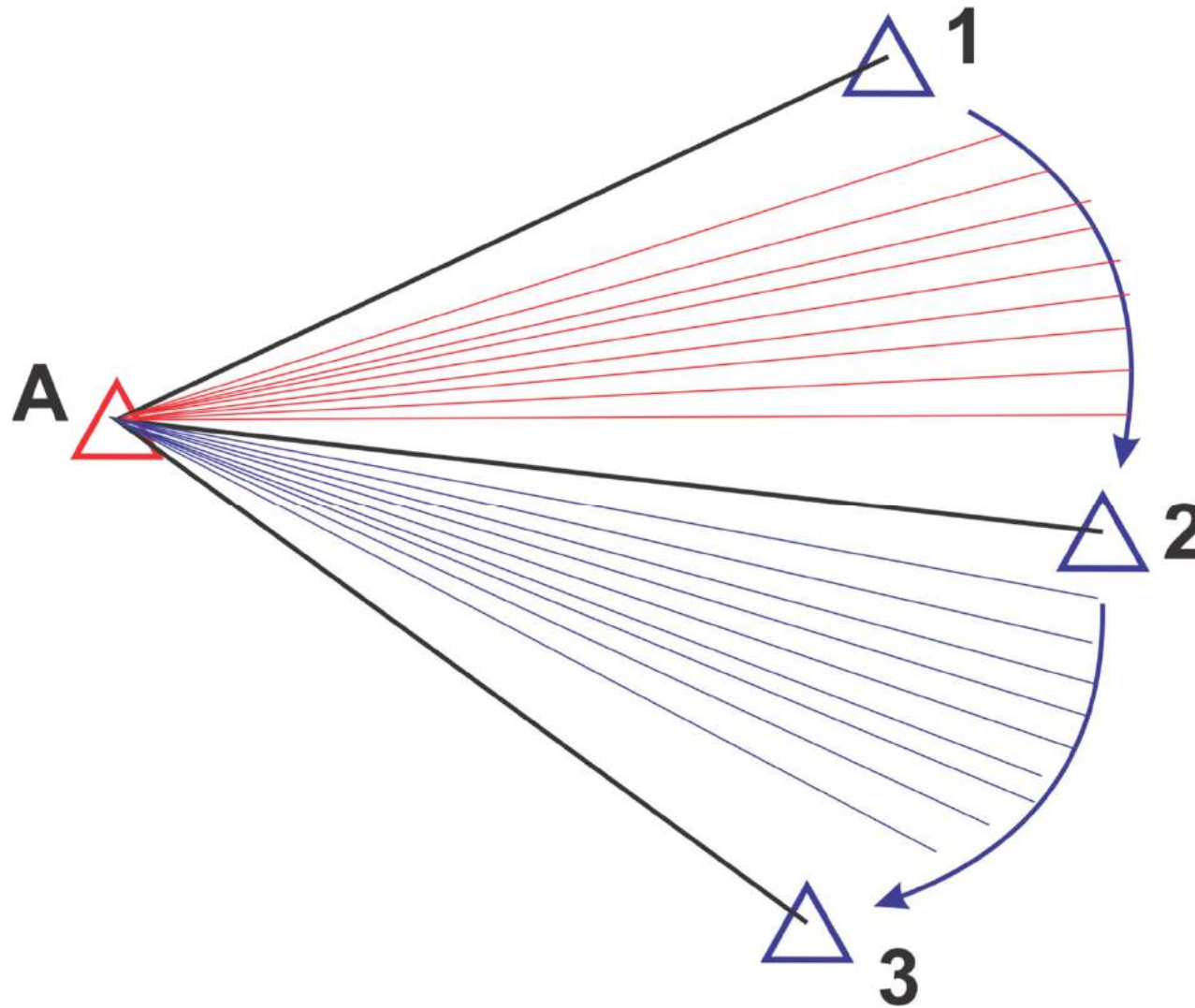
Medición Diferencial Cinemática

- 2 Ó MÁS RECEPTORES MIDIENDO EN FORMA SIMULTÁNEA, UNO FIJO.
- NECESIDAD DE UN PUNTO CON COORDENADAS CONOCIDAS
- RESOLUCIÓN DE AMBIGÜEDADES
- SOLUCIÓN DEL VECTOR

FIJA

FLOTANTE

Medición Diferencial Cinemática



Fuentes de error en el posicionamiento





Clasificación de errores

ERRORES SISTEMÁTICOS

- ERRORES EN EL SATÉLITE Y CONFIGURACIÓN ORBITAL
- ERRORES EN LA PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL GPS
- ERRORES EN EL RECEPTOR GPS

ERRORES ACCIDENTALES

- RUIDO PROPIO DE LA MEDICIÓN SATELITAL



Fuentes de error

SATÉLITE: Error del reloj
Errores Orbitales

PROPAGACIÓN DE LA SEÑAL: Refracción
Ionosférica
Troposférica

RECEPTOR: Error del reloj
Variación del centro de antena
Multitrayectoria



Relojes en el sistema GPS

**RELOJES EN
SATÉLITES**

RUBIDIO 10^{-12} seg

CESIO 10^{-13} seg

HIDRÓGENO 10^{-14} seg

Error 10^{-14} seg $\Rightarrow$ 1 segundo en 3 millones de años

RELOJ EN EL RECEPTOR $\Rightarrow$ CUARZO $\Rightarrow 10^{-10}$ seg

Error 10^{-10} seg $\Rightarrow$ 1 segundo en 300 años



Errores orbitales

EFEMÉRIDES SATELITAL

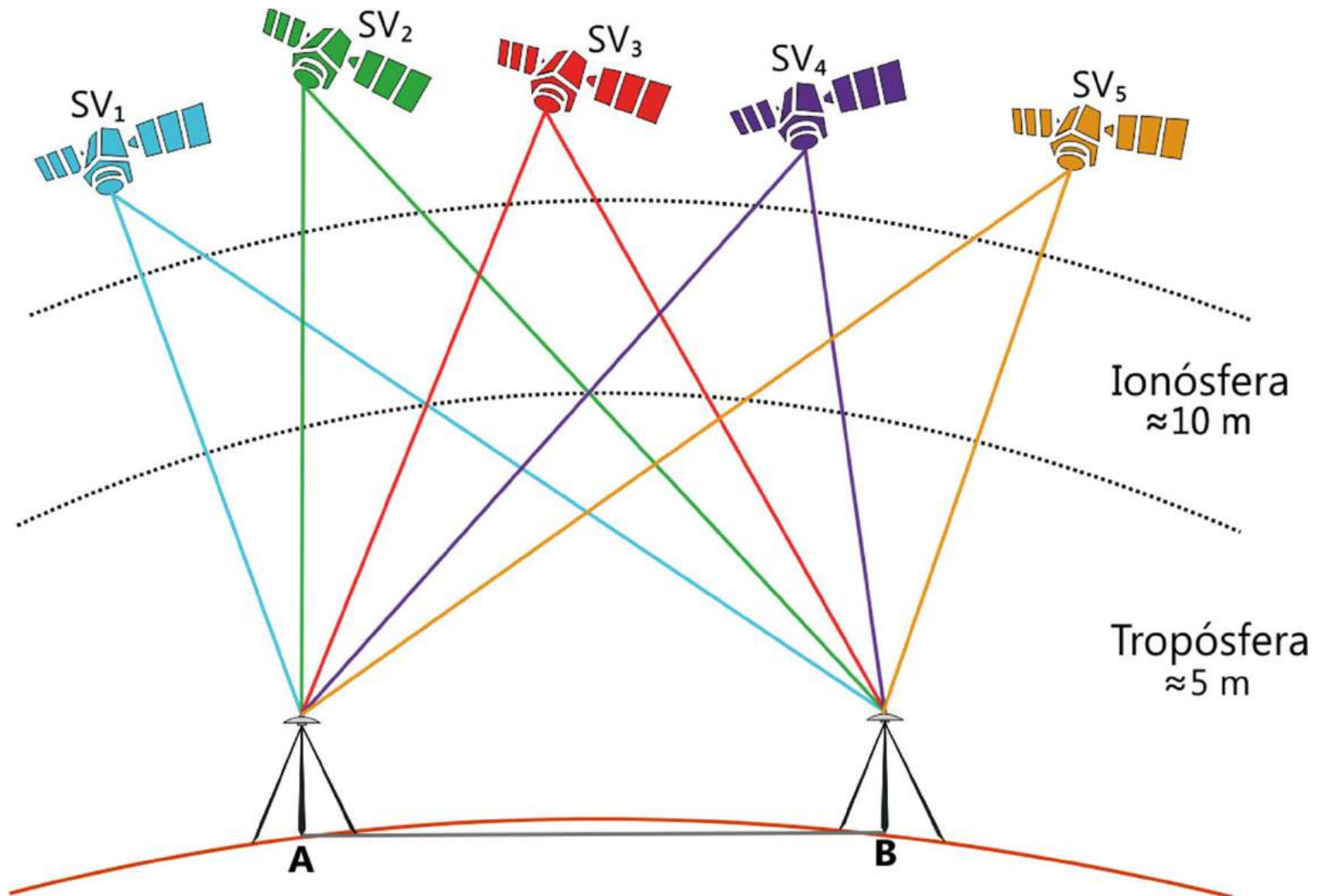
RADIODIFUNDIDA

PRECISA

- **CAMPO DE GRAVEDAD TERRESTRE (ANOMALÍAS)**
- **ACELERACIÓN DEBIDAS AL SOL Y LA LUNA**
- **PRESIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR**

Propagación de la señal

Retardo Ionosférico





Variación del centro de fase de la antena

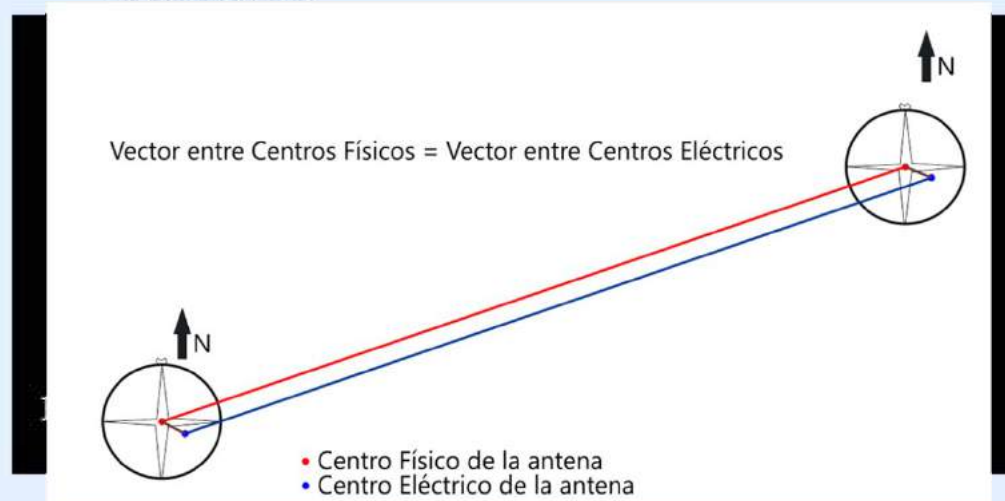
- **PUNTO RECEPTOR SEÑAL GPS** $\Rightarrow$ CENTRO ELÉCTRICO DE LA ANTENA
- **CENTRO ELÉCTRICO $\neq$ CENTRO GEOMÉTRICO**
- **CAUSAS**
 - $\rightarrow$ CONFIGURACIÓN SATELITAL CAMBIANTE
 - $\rightarrow$ VARIACIONES EN LA INTENSIDAD DE LA SEÑAL GPS
- **COMPENSACIÓN DEL ERROR** $\Rightarrow$ ORIENTACIÓN DE LAS ANTENAS AL NORTE GEOGRÁFICO

Introducción al Sistema GPS

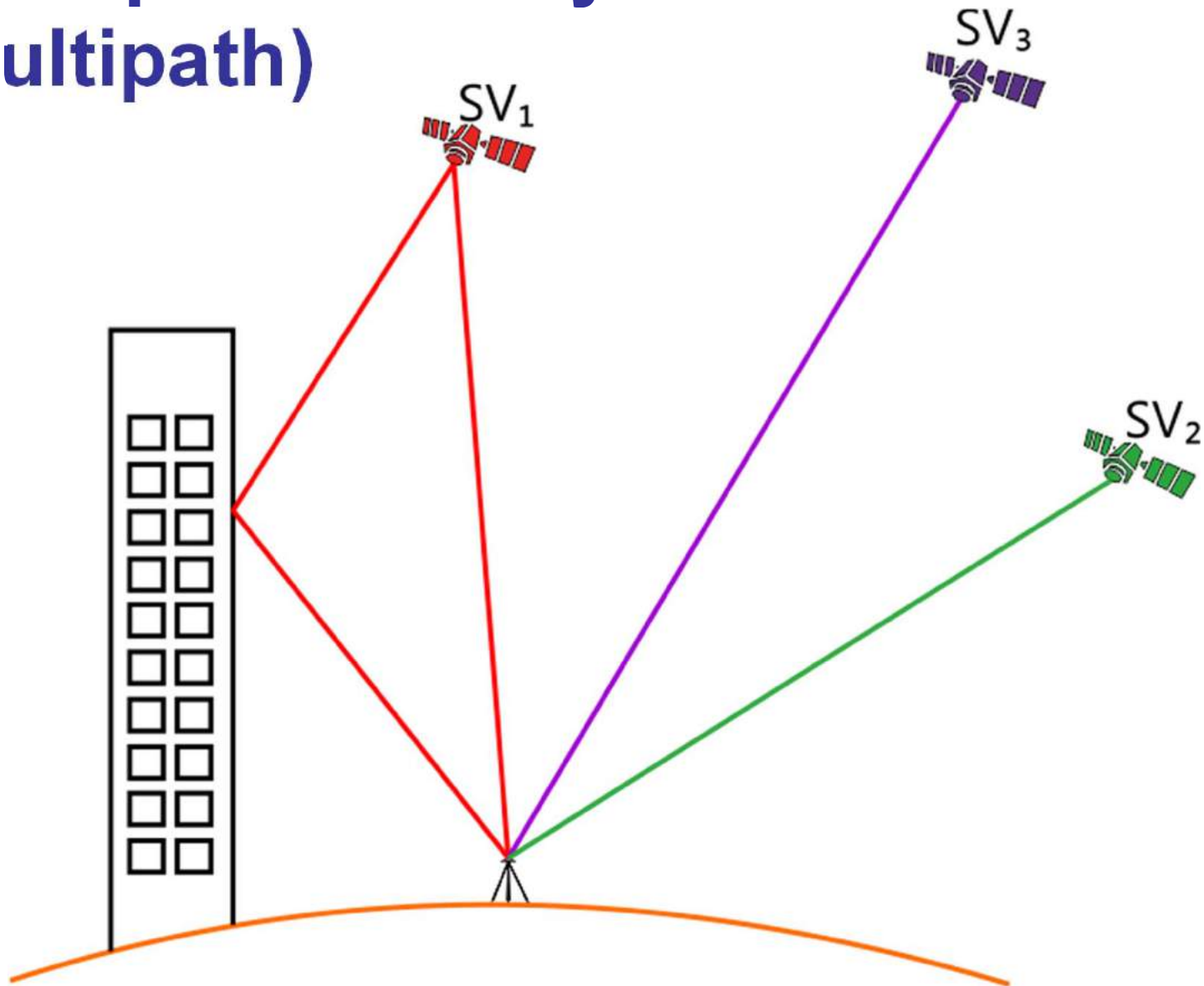
❖ ANTENAS GPS

■ PROBLEMAS:

- Centros de fase
 - No coincidencia de los centros mecánicos de las antenas con sus centros de fase.
 - Variación de los centros de fase con la altura de los satélites



Error por multitrayectoria (Multipath)



Introducción al Sistema GPS

❖ ANTENAS GPS

■ PROBLEMAS:

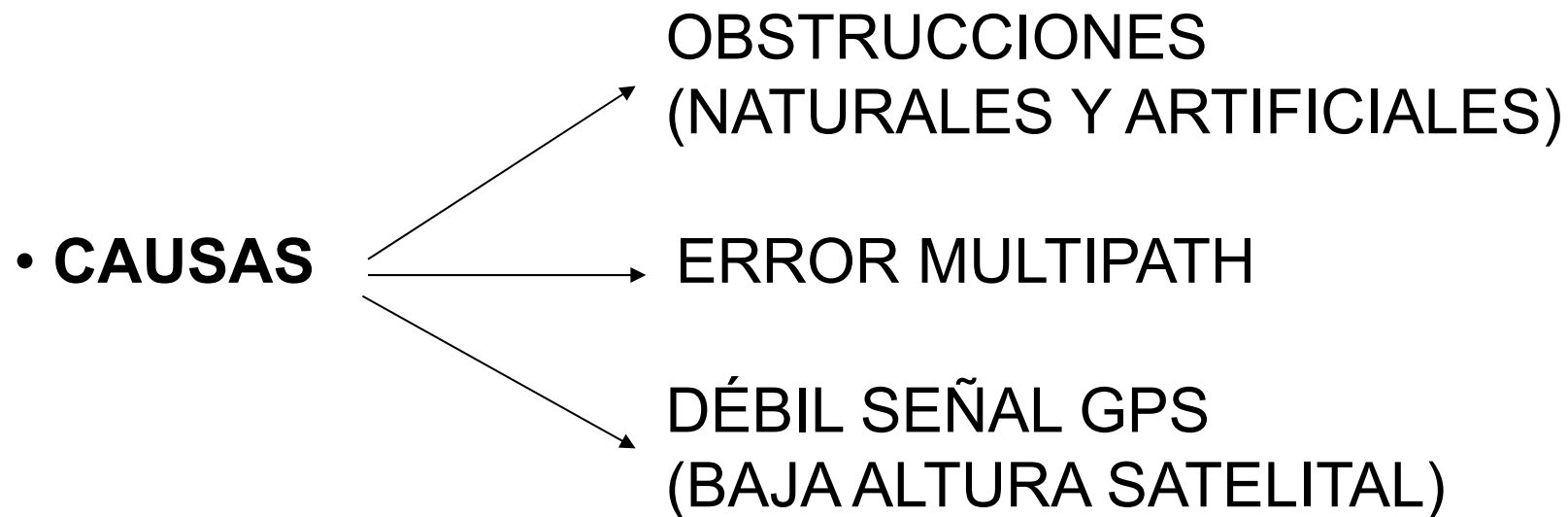
- Interferencias RF
- Multipath o Multitrayectoria
 - Planos de Tierra
 - Choke Ring





Pérdida de ciclos en la señal GPS

- DISCONTINUIDAD EN LA RECEPCIÓN DE LA SEÑAL GPS



- **CONSECUENCIA** ERROR EN LA DETERMINACIÓN
DE LA DISTANCIA
RECEPTOR - SATÉLITE



Terminología utilizada en GPS

Sesión: Lapso de medición entre 2 receptores al mismo tiempo.

Intervalo de Registro: Cada cuanto tiempo se graban las observaciones.

Época: Intervalo de registro contado como unidad.

Ángulo de máscara: Ángulo desde el horizonte que define a partir de donde comienzan a observarse los satélites.



Georreferenciación de mensuras



LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209

ARTÍCULO 3º — El poder de policía inmobiliario catastral comprende las siguientes atribuciones, sin perjuicio de las demás que las legislaciones locales asignen a los organismos mencionados en el artículo anterior:

- a) Practicar de oficio actos de levantamiento parcelario y territorial con fines catastrales;
- b) **Realizar la georreferenciación parcelaria y territorial;**
- c) Registrar y publicitar los estados parcelarios y de otros objetos territoriales legales con base en la documentación que les da origen, llevando los correspondientes registros;
- d) Requerir declaraciones juradas a los propietarios u ocupantes de inmuebles;
- e) Realizar inspecciones con el objeto de practicar censos, verificar infracciones o con cualquier otro acorde con las finalidades de esta ley;
- f) Expedir certificaciones;
- g) Ejecutar la cartografía catastral de la jurisdicción; confeccionar, conservar y publicar su registro gráfico;
- h) Formar, conservar y publicar el archivo histórico territorial;
- i) Interpretar y aplicar las normas que regulen la materia;
- j) **Establecer estándares, metadatos y todo otro componente compatible con el rol del catastro en el desarrollo de las infraestructuras de datos geoespaciales.**



LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209

ARTÍCULO 5º — Son elementos de la parcela:

I. Esenciales:

- a) **La ubicación georreferenciada del inmueble;**
- b) Los límites del inmueble, en relación a las causas jurídicas que les dan origen;
- c) Las medidas lineales, angulares y de superficie del inmueble.

II. Complementarios:

- a) La valuación fiscal;
- b) Sus linderos.

Dichos elementos constituyen el estado parcelario del inmueble.



LEY NACIONAL DE CATASTRO – LEY 26209

ARTÍCULO 6º — La determinación de los estados parcelarios se realizará mediante actos de levantamiento parcelario consistentes **en actos de mensura ejecutados y autorizados por profesionales con incumbencia en la agrimensura**, quienes asumirán la responsabilidad profesional por la documentación suscripta, de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley y **en la forma y condiciones que establezcan las legislaciones locales**.

**IMPLEMENTACIÓN DE LA LEY
NACIONAL DE CATASTRO (26209), EN
CADA UNA DE LAS PROVINCIAS**



PARCELA GEORREFERENCIADA

- Integrarla a una Base de Datos Geográfica Única.
- Tenga una ubicación geoespacial conocida.
- Tenga atributos suficientes para poder constituirse como parcela dentro de una Base de Datos Geográfica.
- Que comience a ser parte de una **Infraestructura de Datos Espaciales Provincial – IDE**.
- Que esta IDE Provincial se integre a la IDE Nacional denominada **IDERA**.

¿Qué es una Infraestructura de Datos Espaciales?

Tecnológicamente una **IDE** es un sistema integrado por un conjunto de recursos técnicos (catálogos, servidores, programas, datos, aplicaciones, páginas Web,...) dedicados a gestionar Información Geográfica (mapas, ortofotos, imágenes de satélite, topónimos,...), disponibles en Internet, que cumpla una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, estándares, especificaciones, protocolos, interfaces,...).

Este sistema debe permitir que un usuario, utilizando un simple navegador, pueda utilizar la información disponible y combinarla según sus necesidades y licencias de uso.

¿Qué es una Infraestructura de Datos Espaciales?

Definición



Es un sistema estandarizado, integrado por un conjunto de recursos informáticos cuyo fin es visualizar y gestionar información geográfica que se encuentra ubicada en el territorio.



INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA (IDERA)



ACUERDOS



**SERVICIOS -
TECNOLOGÍA**



**BASES
NORMATIVAS**

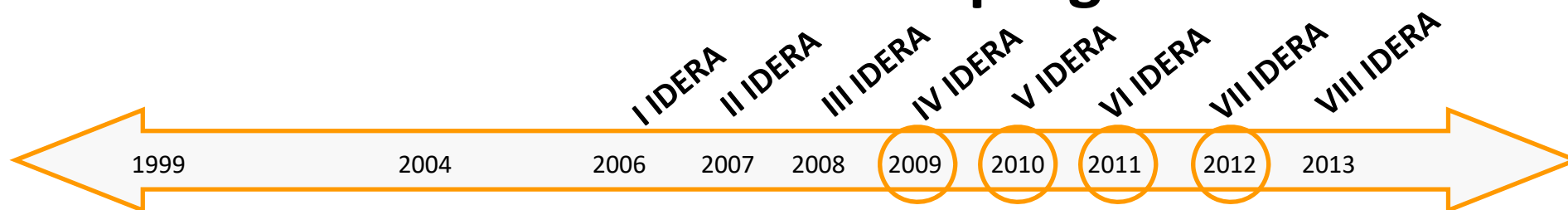
Tecnología IDE bajo Normas y Estándares ISO - OGC



GEORREFERENCIACIÓN

Permite sobre la base de la cooperación y la interoperabilidad la integración de datos provenientes de distinta fuentes y ubicación remota

IDERA. Conformación progresiva.



2009. Acuerdo entre organismos nacionales.

Buenos Aires



2010. Acta Acuerdo para la conformación de la plataforma de trabajo de la Infraestructura de Datos Espaciales de la República Argentina



2011. Reglamento

2012. 1er. Asamblea de IDERA





IDERA

Infraestructura de Datos Espaciales
de la República Argentina

www.idera.gob.ar



Georreferenciación de mensuras



Georreferenciación de parcelas

- **La Georreferenciación de Parcelas Rurales en la República Argentina.**
 - Aprobada por Disposición **IGN** Nro. 180/15.
 - Aprobada por el **CFC** - Acta de Asamblea del 1 de diciembre de 2015.
 - Aprobada por la **FADA** – Resolución Nro. 12 del año 2015.

<http://www.ign.gob.ar/content/georreferenciación-de-parcelas>



Georreferenciación de parcelas

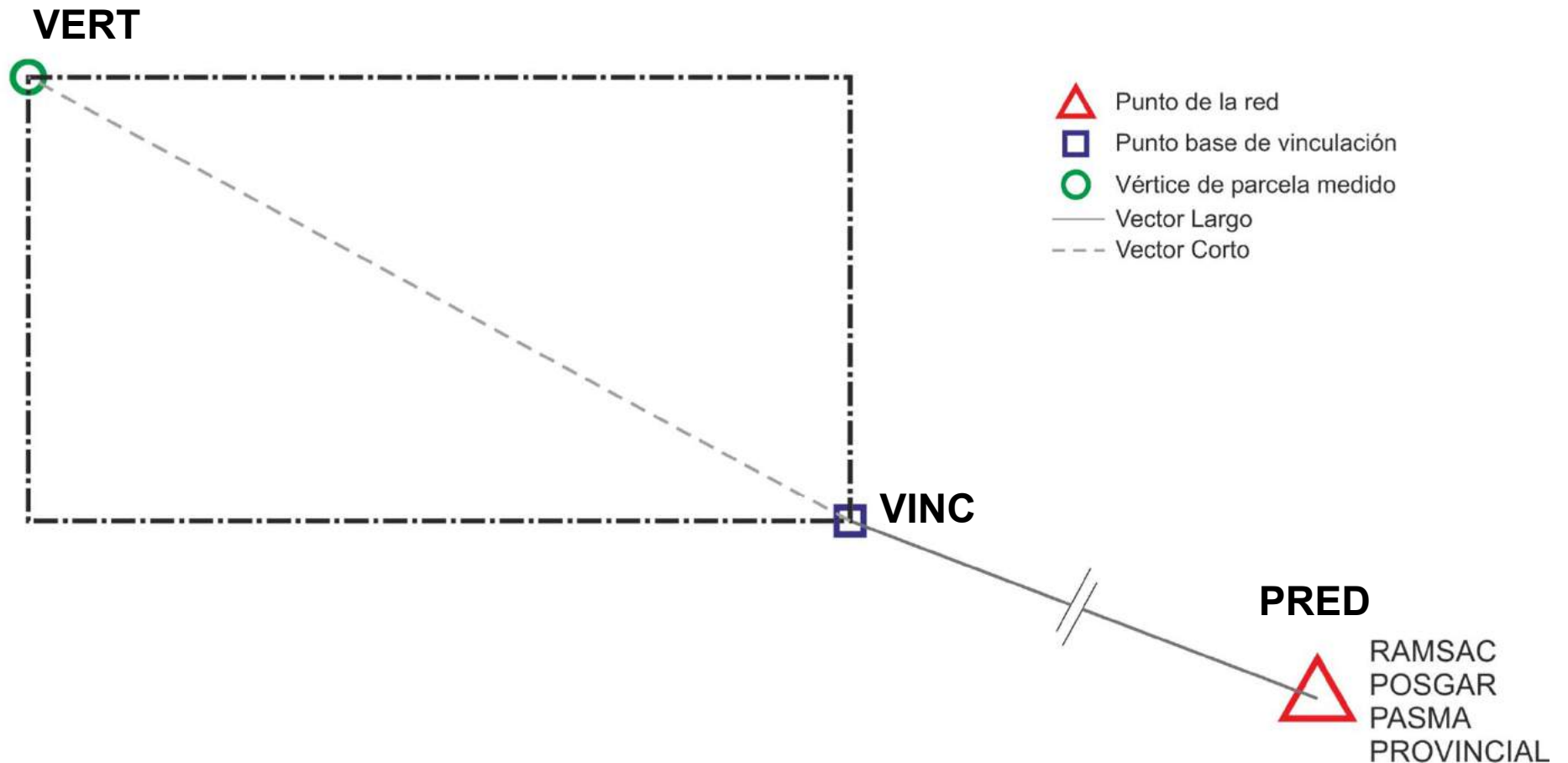
- Tolerancia de 30 cm para cada una de las coordenadas del vértice de la parcela.
- Medición de coordenadas de dos vértices de la parcela: vector largo (ubicación) y vector corto (orientación)



Georreferenciación de parcelas

- **PRED** (Punto de la red): Punto que materializa el marco de referencia geodésico nacional.
- **VINC** (Punto base de vinculación): Punto que vincula el marco de referencia geodésico nacional con el inmueble rural.
- **VERT**: Punto vértice del inmueble rural, que se medirá y procesará en relación a VINC, con el fin de determinar la orientación de la parcela

Georreferenciación de parcelas



Georreferenciación de parcelas

Tiempos de medición

■ Vector Largo (**PRED-VINC**):

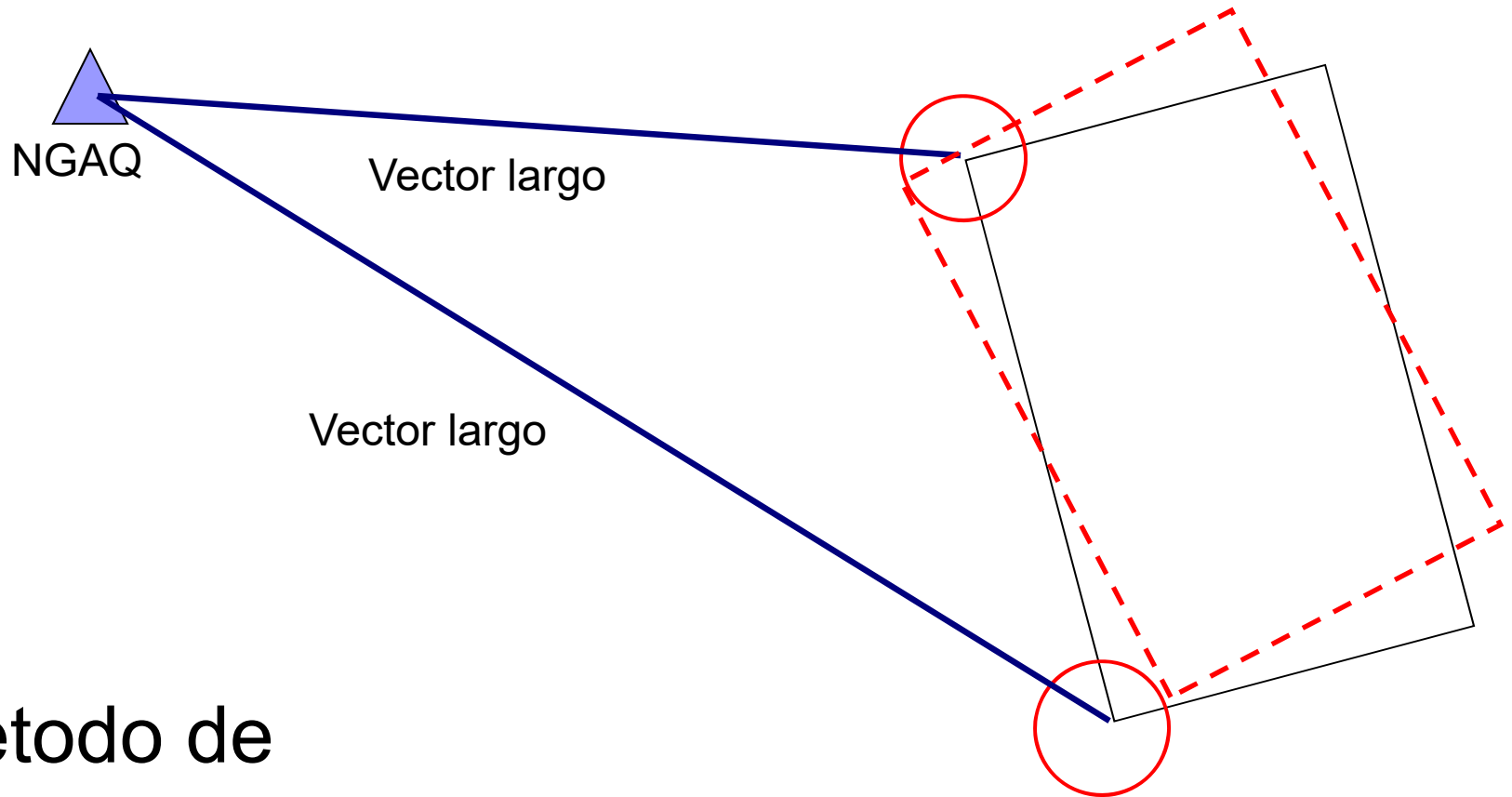
□ Equipo Simple Frecuencia L1

- Distancia $\leq 30\text{Km}$ _____ 0:45 hs
- $30\text{Km} < \text{Distancia} \leq 65\text{Km}$ _____ 1:30 hs
- $65\text{Km} < \text{Distancia} \leq 100\text{Km}$ _____ 2:30 hs

□ Equipo Doble Frecuencia L1/L2

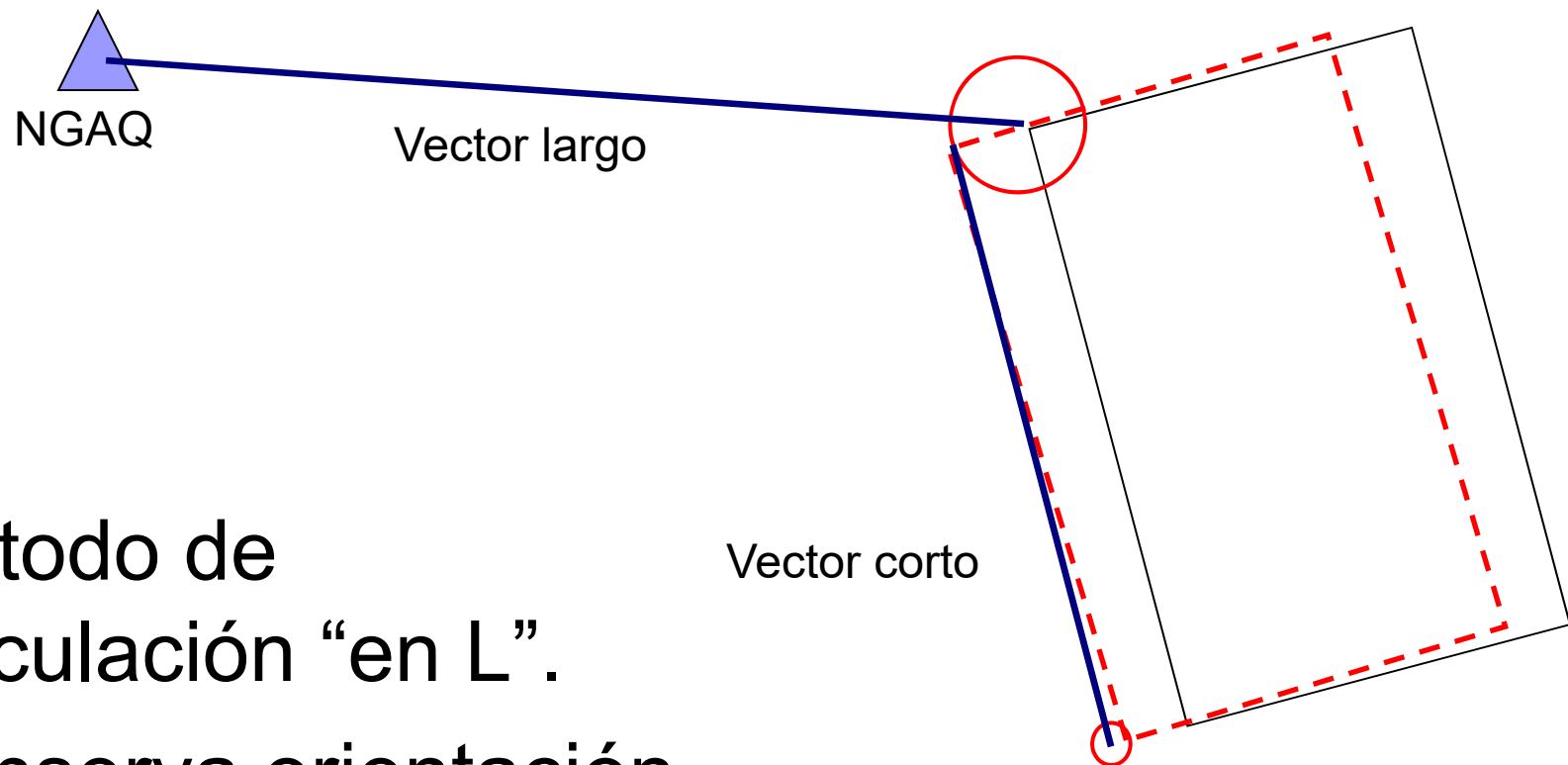
- Distancia $\leq 30\text{Km}$ _____ 0:30 hs
- $30\text{Km} < \text{Distancia} \leq 80\text{Km}$ _____ 1:00 hs
- $80\text{Km} < \text{Distancia} \leq 150\text{Km}$ _____ 1:30 hs
- $150\text{Km} < \text{Distancia} \leq 200\text{Km}$ _____ 2:00 hs

Georreferenciación de parcelas



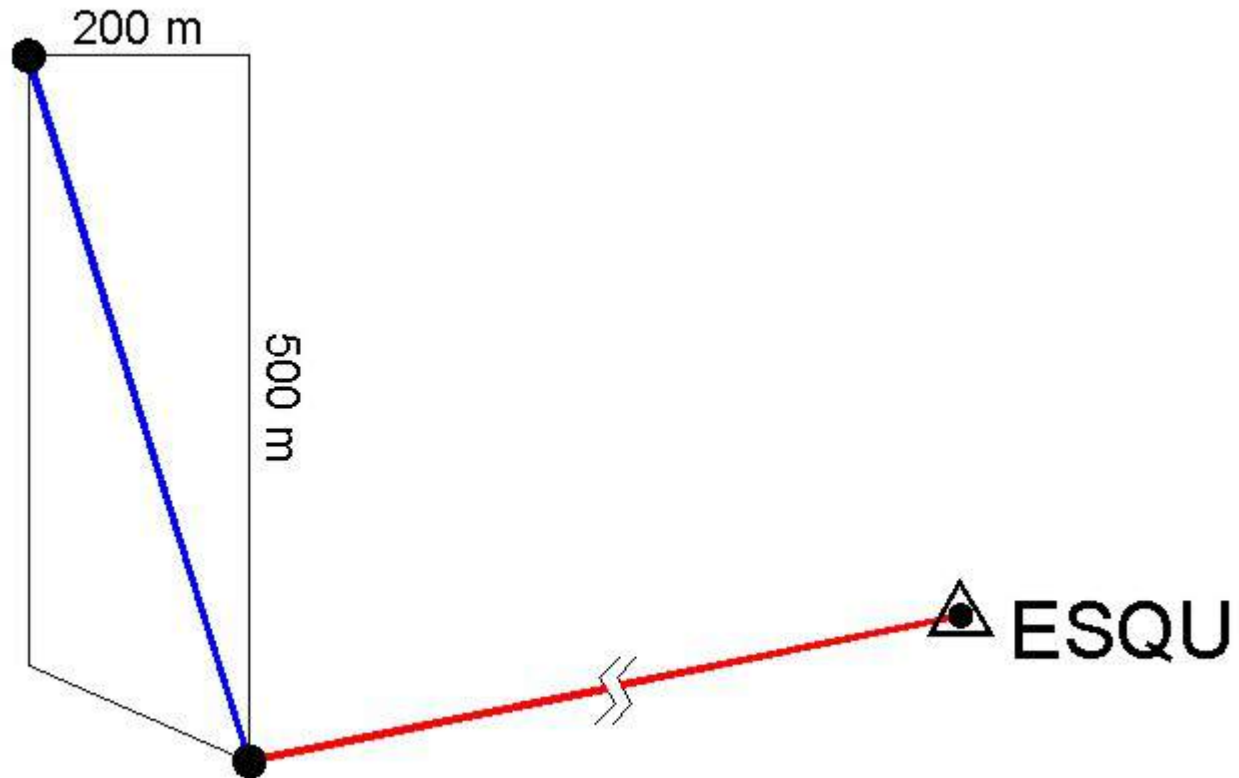
- Método de vinculación “en V”

Georreferenciación de parcelas

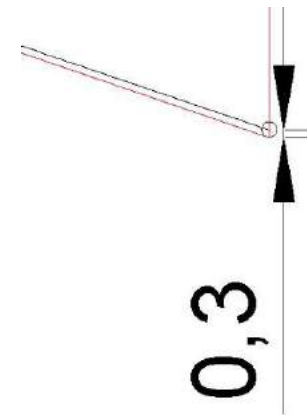
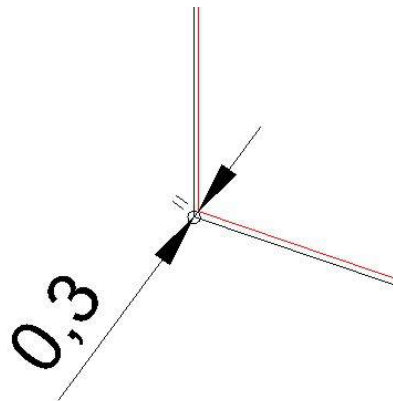
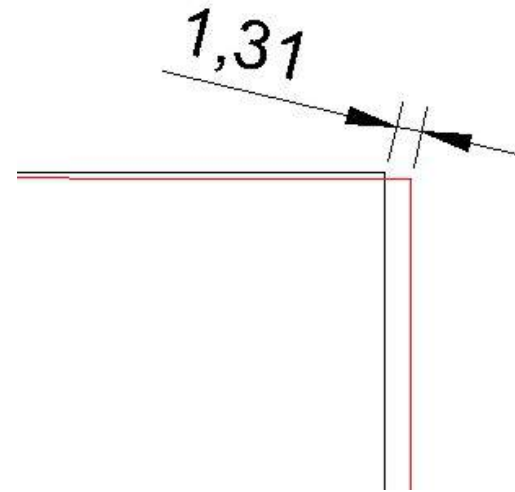
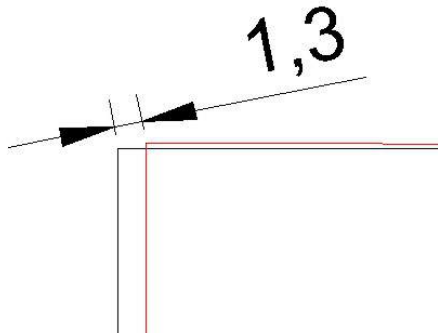


- Método de vinculación “en L”.
- Conserva orientación de la parcela

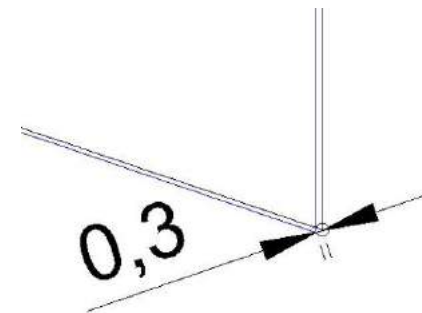
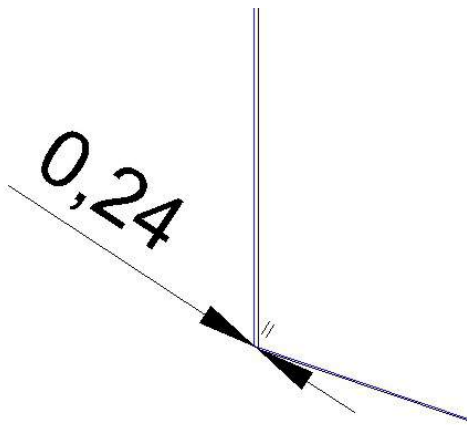
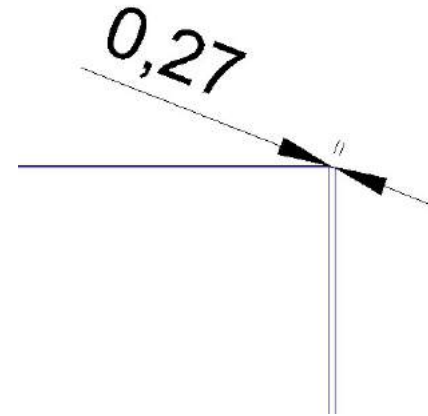
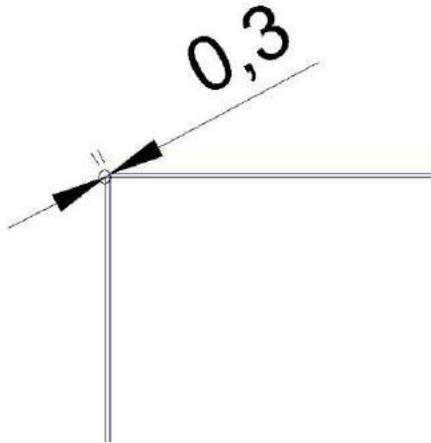
Georreferenciación de parcelas



Georreferenciación de parcelas



Georreferenciación de parcelas





Georreferenciación de mensuras - Ejemplo

Georreferenciación – Ejemplo



Georreferenciación – Ejemplo

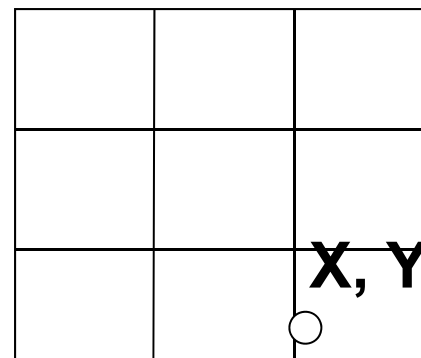
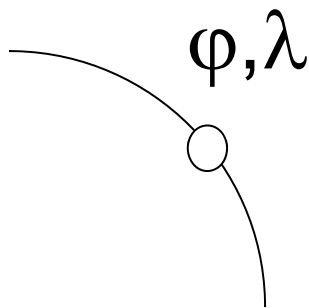




Sistemas de Proyección Cartográficos

Sistema de Proyección Cartográfica

- Un Sistema de Proyección Cartográfica permite representar en un plano la superficie curva de la Tierra.
- A cada punto del terreno de coordenadas φ, λ le corresponde en el plano un único punto de coordenadas **X, Y** y viceversa.
- En la transformación de coordenadas geodésicas a planas se producen deformaciones.





Sistema de Proyección Cartográfico

Deformaciones

DEFORMACIONES

LINEALES

ANGULARES

AREALES

CLASIFICACIÓN

SISTEMAS EQUILÁTEROS

SISTEMAS CONFORMES

SISTEMAS EQUIVALENTES



Sistema de Proyección Cartográfico

Escala de proyección

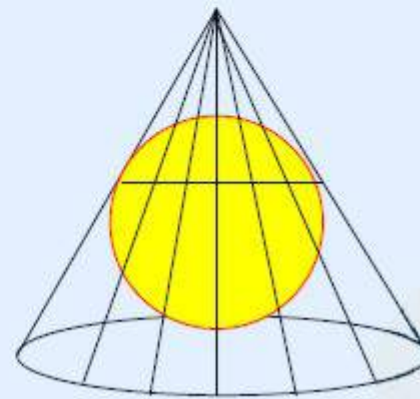
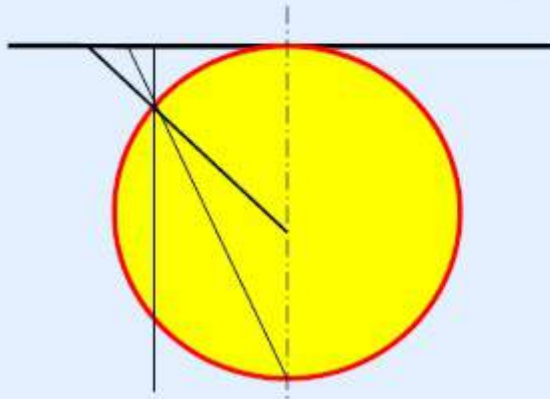
- GEOGRÁFICOS $\longrightarrow$ $E < 1 : 1.000.000$
- ELIPSÓIDICOS $\longrightarrow$ $E \geq 1 : 1.000.000$

Sistema de Proyección Cartográfico

Tipo de proyección

Proyecciones *en función del proceso geométrico*:

- **Proyección perspectiva:** la superficie es proyectada sobre un plano tangente o secante en un punto determinado de la superficie terrestre.
- **Proyección desarrollable o por desarrollo:** la superficie terrestre es proyectada sobre una figura geométrica que se puede desarrollar en un plano (cono o cilindro).





Sistema de Proyección Cartográfico

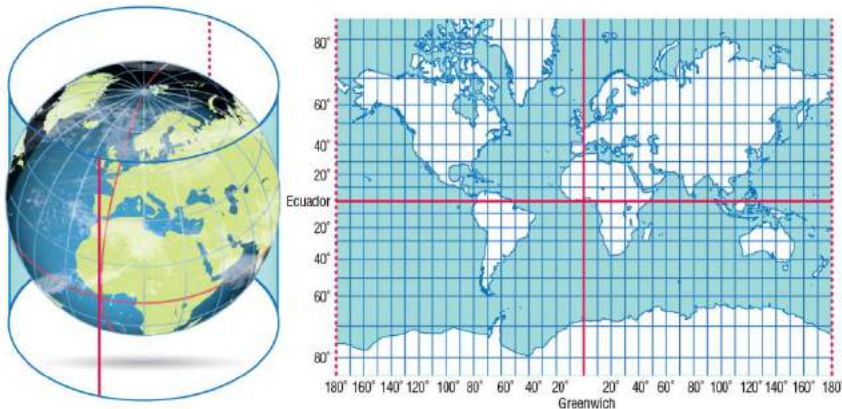
Superficie de proyección

- AZIMUTALES —————→ PLANO
- CILÍNDRICOS —————→ CILINDRO
- CÓNICOS —————→ CONO

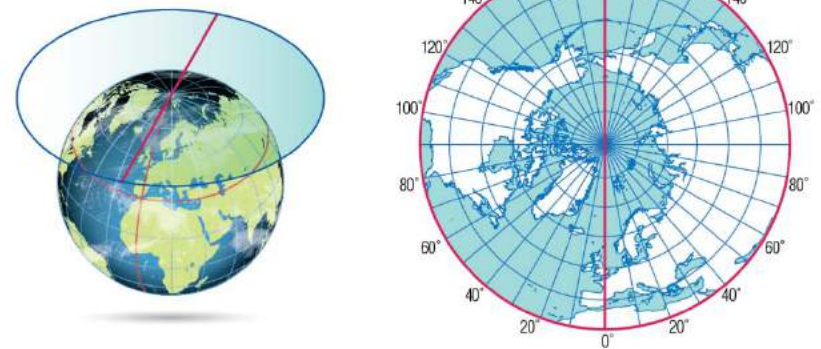
Sistema de Proyección Cartográfico

Superficie de proyección

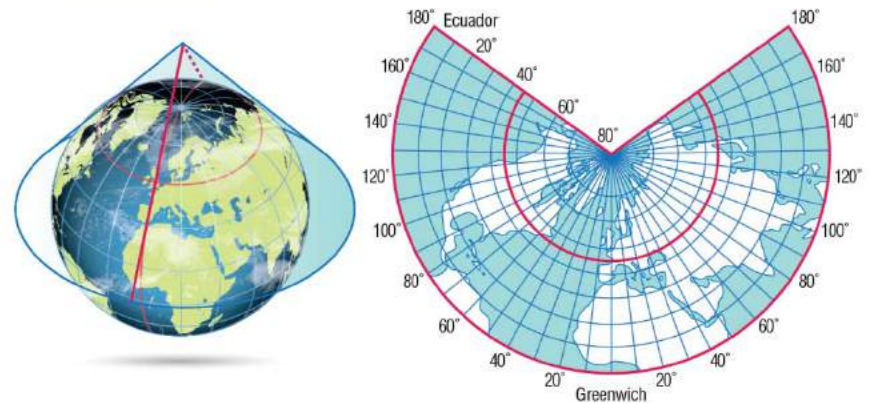
PROYECCIÓN CILÍNDRICA



PROYECCIÓN ACIMUTAL



PROYECCIÓN CÓNICA





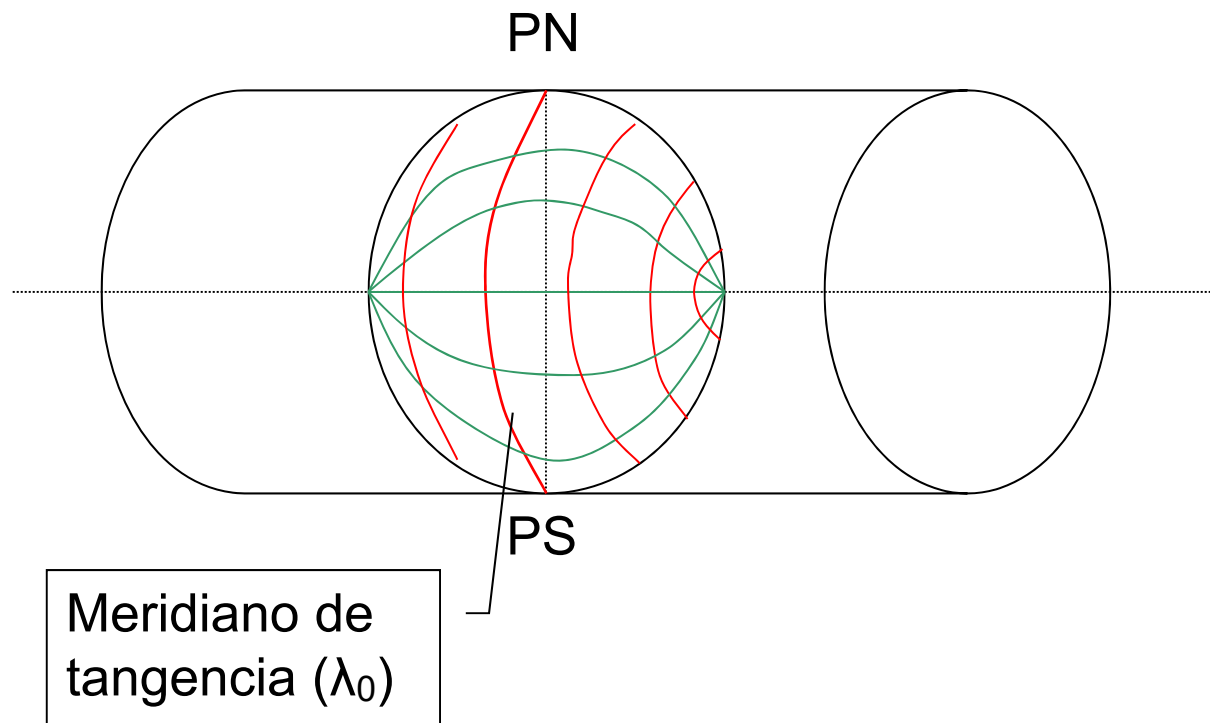
Sistema de Proyección Cartográfico

Proyección **GAUSS-KRÜGER**

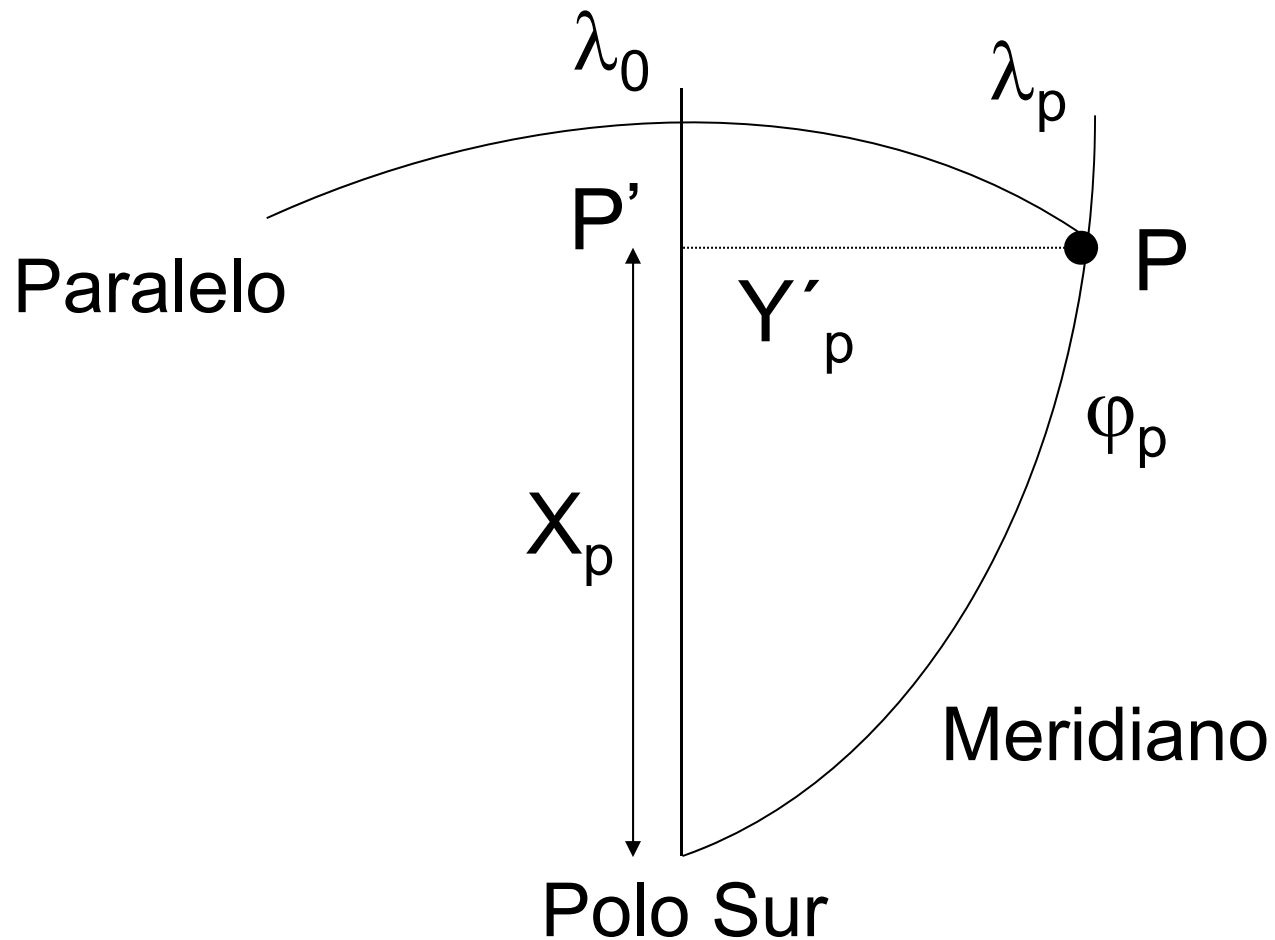
CARACTERÍSTICAS

- **CONFORME** $\Rightarrow$ Se conservan los ángulos
- **CONVENCIONAL** $\Rightarrow$ Transformación $\varphi, \lambda \Leftrightarrow X, Y$ por fórmulas
- **CILÍNDRICO** $\Rightarrow$ Se desarrolla sobre un cilindro tangente transversal
- **ELIPSÓIDICO** $\Rightarrow$ Escala $\geq 1 : 1000000$

Proyección **GAUSS-KRÜGER**



Proyección **GAUSS-KRÜGER**





Coordenadas **GAUSS-KRÜGER**

X $\Rightarrow$ SE MIDE SOBRE λ_0 DESDE EL POLO SUR

$$Y = Y_0 + Y'_p$$

Donde :

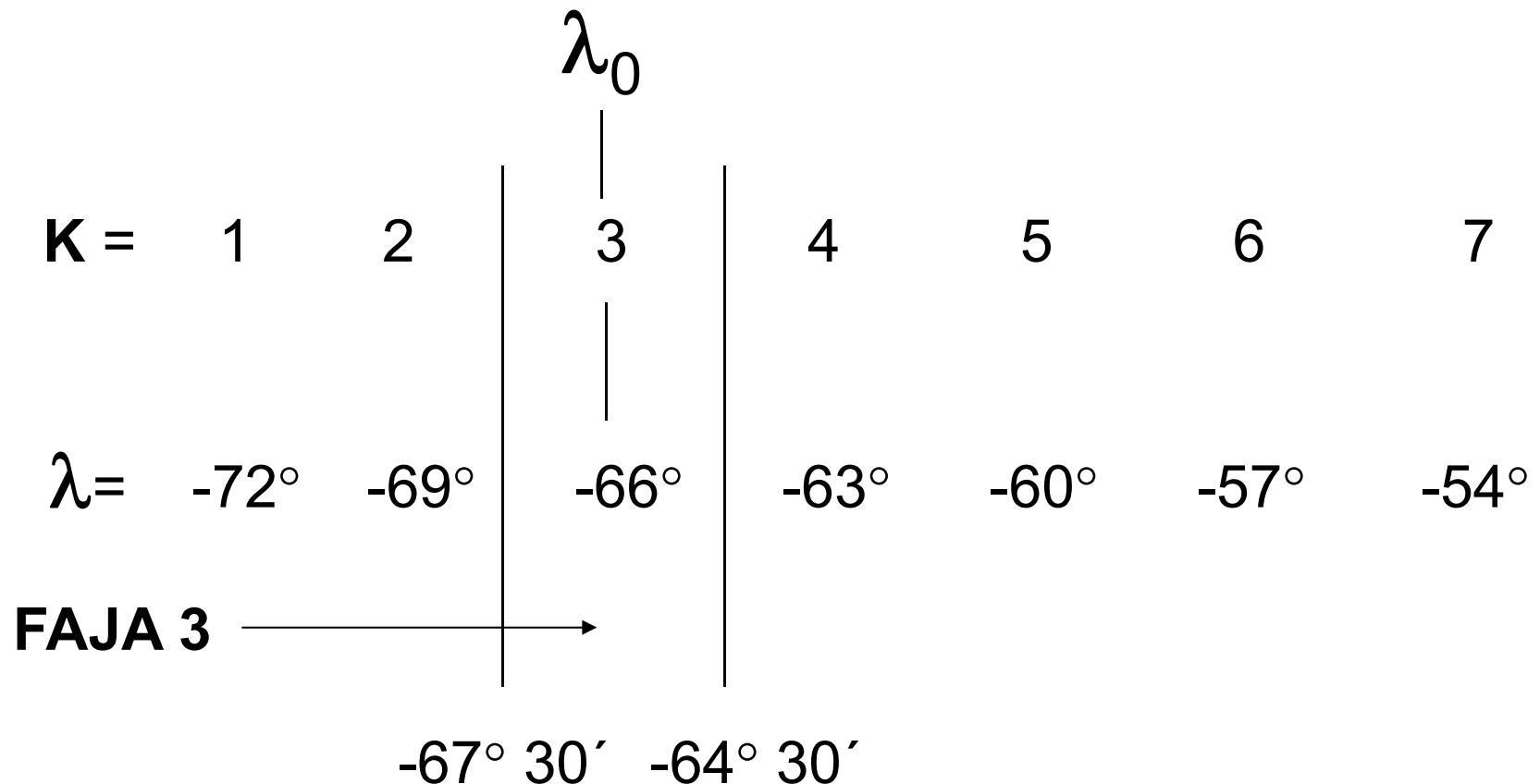
$$Y_0 = K \cdot 10^6 + 500000$$

K = CARACTERÍSTICA DE FAJA

Y'_p es positivo al este de λ_0 y negativo al oeste de λ_0

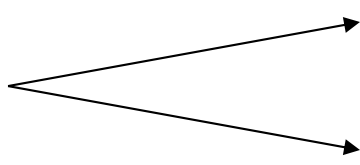
Proyección GAUSS-KRÜGER

Meridianos de tangencia



Proyección GAUSS-KRÜGER

Deformación lineal

Distancia plana  **Se calcula por Pitágoras**
Se mide en la carta

Módulo de Agrandamiento $\longrightarrow m = 1 + \frac{Y'^2}{2R^2}$

Distancia geodésica = $\frac{\text{Distancia plana}}{m}$



Proyección GAUSS-KRÜGER

Ejemplos de deformación

Coordenadas geodésicas POSGAR

φ : -34 35 00
 λ : -58 32 00

φ : -34 38 00
 λ : -58 34 00

Coordenadas planas Gauss- Krüger POSGAR

X: 6172618.729
Y: 5634569.736

X: 6167115.383
Y: 5631432.266

Distancia plana: 6334.866 m

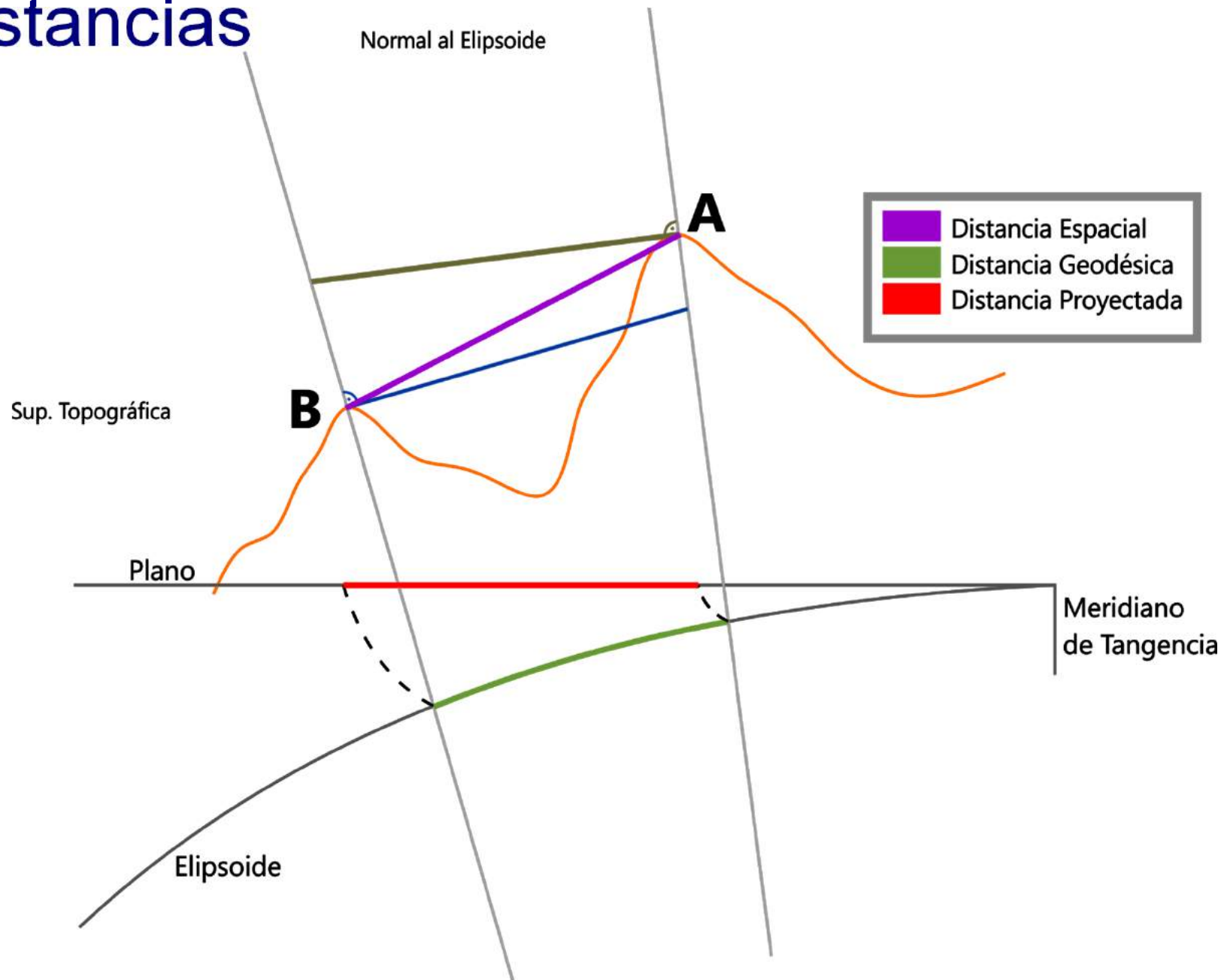
Distancia geodésica: 6333.387 m

Diferencia: 1.479 m

Cuadro comparativo

Geodésicas	Planas GK	Distancias	Diferencias	Geodésicas	Planas GK	Distancias	Diferencias	Dist. Al MC	Diferencias
-27 30 00	6958931.700			-27 30 00	6958931.700				
-60 00 00	5500000.000			-60 00 00	5500000.000				
-27 32 00	6955237.976	3693.724		-27 30 05	6958777.795	153.905			
-60 00 00	5500000.000	3693.724	0.000	-60 00 00	5500000.000	153.905	0.000		
-27 30 00	6958832.156			-27 30 00	6958832.156				
-59 30 00	5549406.431			-59 30 00	5549406.431				
-27 32 00	6955138.351	3693.724		-27 30 05	6958678.248	153.905		49406.531	
-59 30 00	5549391.538	3693.835	0.111	-59 30 00	5549405.811	153.909	0.004	49370.797	35.734
-27 30 00	6958533.496			-27 30 00	6958533.496				
-59 00 00	5598815.036			-59 00 00	5598815.036				
-27 32 00	6954839.448	3693.724		-27 30 05	6958379.578	153.905		98815.838	
-59 00 00	5598785.246	3694.168	0.444	-59 00 00	5598813.796	153.923	0.018	98741.594	74.244
-27 30 00	6958035.636			-27 30 00	6958035.636				
-58 30 00	5648227.989			-58 30 00	5648227.989				
-27 32 00	6954341.182	3693.724		-27 30 05	6957881.700	153.905		148230.697	
-58 30 00	5648183.293	3694.724	1.000	-58 30 00	5648226.127	153.947	0.042	148112.391	118.306
-27 30 00	6957338.431			-27 30 00	6957338.431				
-58 00 00	5697647.463			-58 00 00	5697647.463				
-27 32 00	6953643.408	3693.724		-27 30 05	6957184.472	153.905		197653.885	
-58 00 00	5697587.848	3695.504	1.780	-58 00 00	5697644.980	153.979	0.074	197483.189	170.696

Distancias





¿Cuál es la correcta?

Distancias espacial, geodésica y proyectada

COORDENADAS GEODÉSICAS						
	Latitud			Longitud		
IGM1	-34	34	20.07733	-58	26	21.54958
MA02	-34	36	25.28333	-58	23	38.71695
LPGS	-34	54	24.28241	-57	55	56.27834
						h
						50.694
						59.656
						29.875

COORDENADAS PLANAS (Faja 6)	
N [m]	E [m]
6173885.202	6367922.086
6170084.854	6372126.306
6137321.788	6414794.329

COORDENADAS GEOCENTRICAS		
X [m]	Y [m]	Z [m]
2751804.044	-4479879.309	-3598922.511
2754195.750	-4475846.413	-3602103.840
2780103.004	-4437418.936	-3629404.502

DISTANCIAS [m]	IGM1-MA02	IGM1-LPGS
ESPACIAL	5666.16	59437.92
GEODÉSICA	5666.10	59437.76
PROYECTADA	5667.28	59446.53



Parámetros para una transformación de coordenadas

- Sistema de Referencia o Datum (POSGAR, Campo Inchauspe, etc.)
- Proyección (Cilíndrica Transversa)
- Latitud de origen de la proyección
- Longitud de origen de la proyección
- Falso norte o valor asignado a la latitud de origen
- Falso este o valor asignado a la longitud de origen
- Factor de escala del meridiano central

Proyección Gauss-Krüger Faja Local

Coordinate system definitions [X]

Group: CFC-FADA-IGN [v] [OK]

System: Campo_1 [v]

Datum: WGS84 [v] [Cancel]

Linear Unit: METERS [v] EPSG Code: []

Projection: Transverse Mercator/Gauss-Kruger [v]

Origin Latitude: S 34 25 00.00

Origin Longitude: W 58 32 00.00

False Northing (m): 10000.00000

False Easting (m): 50000.00000

Scale Factor: 1.00000000

[Preview...] [Save] [New Group] [Remove Group] [New System...] [Remove System]

Proyección Gauss-Krüger

Faja 5 Vs. Faja Local

COORDENADAS GEODÉSICAS							
	Latitud		Longitud		h		
PA01	-34	25	0.00000	-58	32	0.00000	0.000
PA02	-34	24	3.78810	-58	31	20.84760	0.000

DIST. GEODESICA	2000.00
-----------------	---------

COORDENADAS PLANAS (Faja 5)	
N [m]	E [m]
6191109.493	5634837.891
6192827.283	5635863.075

PROYECTADA (GK F5)	2000.45
--------------------	---------

Módulos de Agrandamiento	
	Promedio
1.000223983	1.00022569
1.000227402	

COORDENADAS PLANAS (Faja Local)	
N [m]	E [m]
10000.000	50000.000
11732.050	51000.000

PROYECTADA (LOCAL)	2000.00
--------------------	---------

Proyección Gauss-Krüger

Faja 5 Vs. Faja Local

Resumen

COORDENADAS GEODÉSICAS							
	Latitud			Longitud		h	
PA01	-34	25	0.00000	-58	32	0.00000	0.000
PA02	-34	24	3.78810	-58	31	20.84760	0.000

COORDENADAS PLANAS (Faja 5)	
N [m]	E [m]
6191109.493	5634837.891
6192827.283	5635863.075

COORDENADAS PLANAS (Faja Local)	
N [m]	E [m]
10000.000	50000.000
11732.050	51000.000

DISTANCIAS [m]	
GEODESICA	2000.00
PROYECTADA (GK F5)	2000.45
PROYECTADA (LOCAL)	2000.00

Proyección Gauss-Krüger

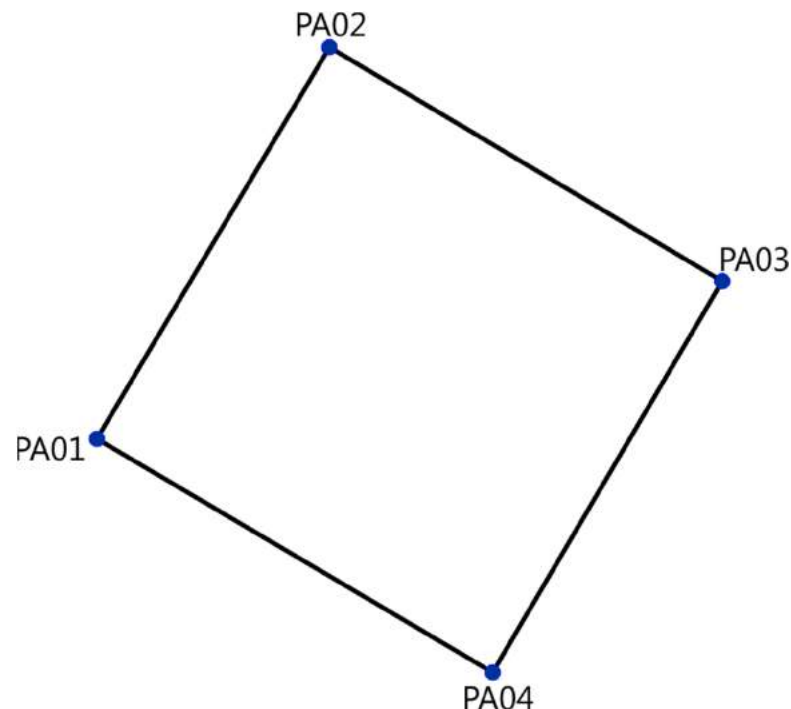
Faja 5 Vs. Faja Local

PA01	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34° 25' 00"	6191109.493	10000.00
	-58° 32' 00"	5634837.891	50000.00

PA02	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 22 39.4634	6195403.992	14330.128
	-58 30 22.1462	5637400.841	52500.001

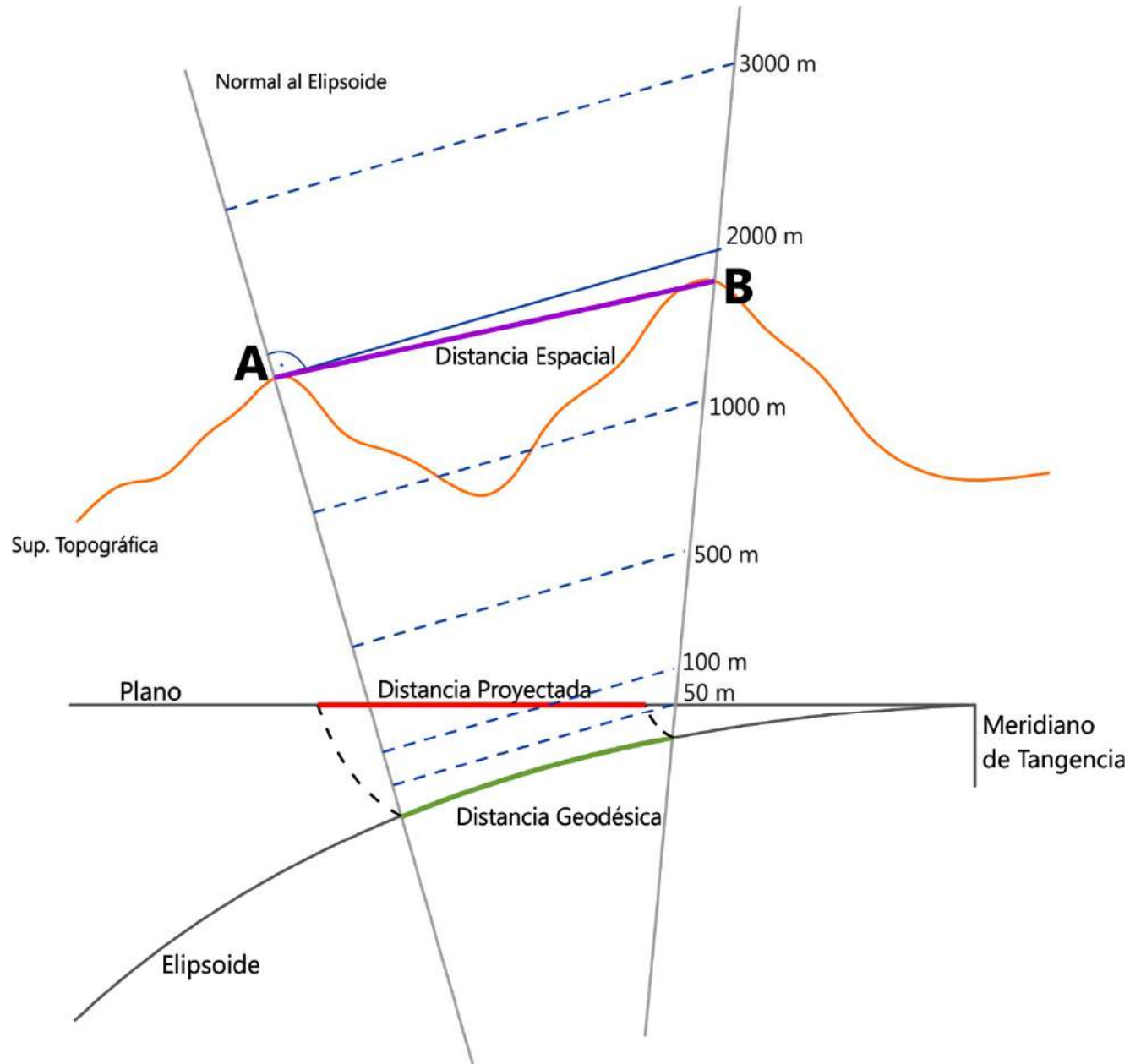
PA03	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 24 00.5258	6192841.024	11830.1277
	-58 27 32.5869	5641695.395	56830.1278

PA04	Coordenadas Geodésicas	Coordenadas GK Faja 5	Coordenadas Faja Local
	-34 26 21.0995	6188546.487	7499.9997
	-58 29 10.3881	5639132.371	54330.1268



DISTANCIAS PLANAS [m]		
	Faja 5	Local
PA01-PA02	5001.14	5000.00
PA02-PA03	5001.20	5000.00
PA03-PA04	5001.21	5000.00
PA04-PA01	5001.16	5000.00

Medición de Distancias en Altura



Medición de Distancias en Altura

PTO1	Lat	-34° 02' 00"	X	2801292.43
	Long	-58° 02' 00"	Y	-4488813.98
	Alt	0	Z	-3549511.27
PTO2	Lat	-34° 00' 00"	X	2804999.56
	Long	-58° 00' 00"	Y	-4488937.65
	Alt	0	Z	-3546446.56

Distancia Espacial	4811.497
Distancia Geodésica	4811.497
Diferencia	0.000

PTO1	Lat	-34° 00' 00"	X	2805438.89
	Long	-58° 00' 00"	Y	-4489640.72
	Alt	1000	Z	-3547005.76
PTO2	Lat	-34° 02' 00"	X	2801731.17
	Long	-58° 02' 00"	Y	-4489517.03
	Alt	1000	Z	-3550070.94

Distancia Espacial	4812.253
Distancia Geodésica	4811.497
Diferencia	0.755

PTO1	Lat	-34° 00' 00"	X	2806317.53
	Long	-58° 00' 00"	Y	-4491046.85
	Alt	3000	Z	-3548124.14
PTO2	Lat	-34° 02' 00"	X	2802608.66
	Long	-58° 02' 00"	Y	-4490923.11
	Alt	3000	Z	-3551190.29

Distancia Espacial	4813.764
Distancia Geodésica	4811.497
Diferencia	2.267

Medición de Distancias en Altura

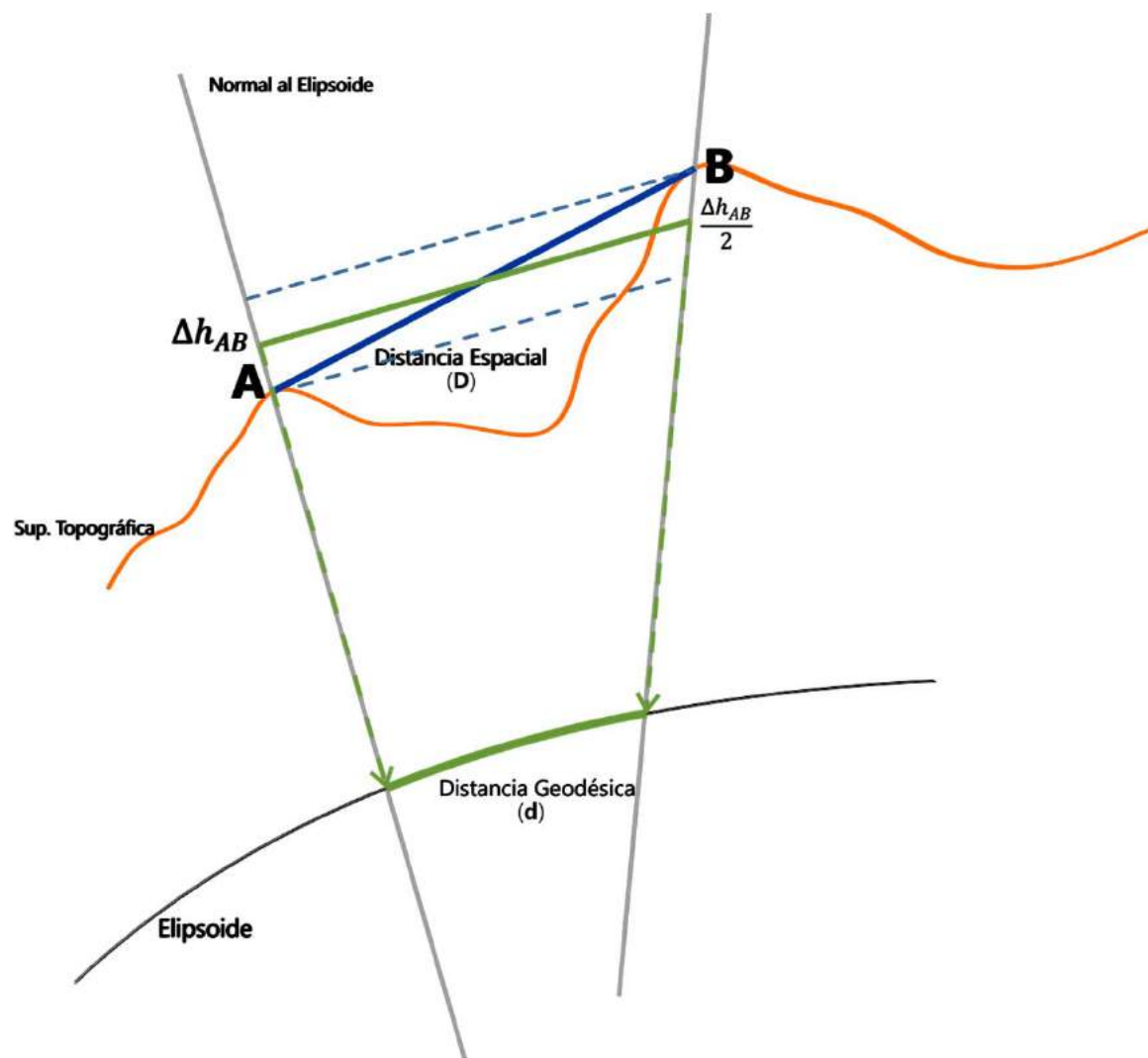
COORDENADAS GEODÉSICAS					
	Latitud			Longitud	
				h	
AUX8	-22	41	44.51716	-66	29 38.85126
AUX9	-22	41	27.36018	-66	32 15.15080

COORDENADAS GEOCÉNTRICAS			COORDENADAS PLANAS (Faja 3)	
X [m]	Y [m]	Z [m]	N [m]	E [m]
2349599.394	-5402193.869	-2447272.014	7491554.807	3444764.600
2345708.241	-5404440.681	-2446912.881	7491042.521	3449227.727

DISTANCIAS [m]	
GEODESICA (AUX8-AUX9)	4492.275
GEODESICA (AUX9-AUX8)	4492.275
ESPACIAL	4507.573
PLANA GK (Faja 3)	4492.431
TOPOGRÁFICA (AUX8-AUX9)	4495.325
ESPACIAL CORREGIDA	4492.274

?

Altura Espacial Corregida



Altura Espacial Corregida

$$d = \left(\frac{D}{1 + \frac{h_1 + h_2}{2 \cdot \sqrt{M_A \cdot N_A}}} \right) \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\Delta h_{AB}}{D} \right)^2 - \left(\frac{\Delta h_{AB}}{2 \cdot \sqrt{M_A \cdot N_A}} \right)^2}$$



Nuevo sistema vertical de la República Argentina



Sistema de Referencia Vertical de la República Argentina



Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

- No existía en la Argentina un ajuste completo de la Red Gravimétrica y de Nivelación.
- Las alturas antiguas provenían de un ajuste de desniveles geométricos y no ortométricos.
- Los organismos internacionales vinculados con la Geodesia recomiendan el uso de alturas físicas (números geopotenciales).
- El IGN tomó la iniciativa de actualizar y mejorar los marcos de referencia geodésicos gravimétrico y altimétrico, de acuerdo a los estándares internacionales vigentes.

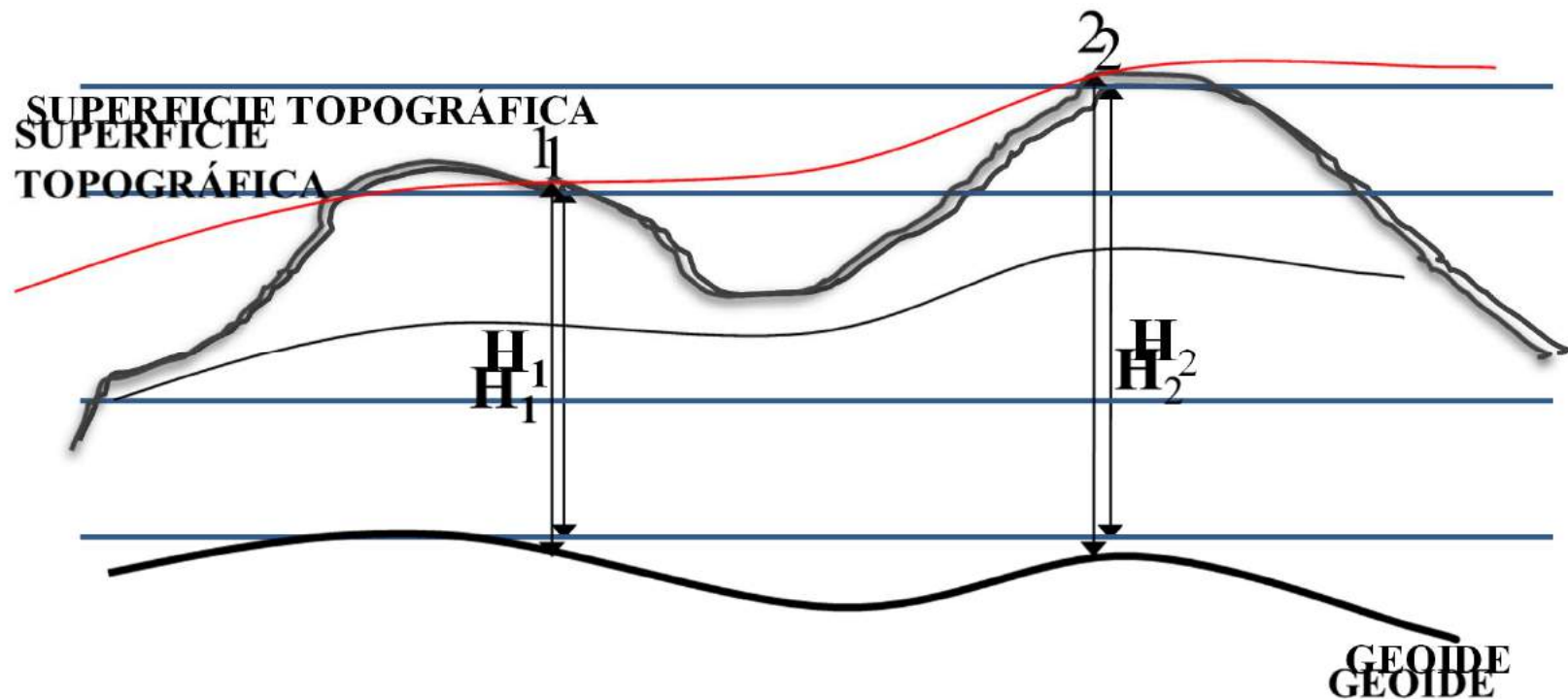


Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

- ▶ Definamos **ALTURA** como la distancia entre un punto de la **SUPERFICIE TERRESTRE** y una **SUPERFICIE DE REFERENCIA**.
- ▶ ¿ La Superficie de Referencia puede ser cualquiera ? : Sí
En función de la Superficie de Referencia que elijamos, tendremos distintos “tipos” de **Alturas**.
- ▶ ¿ Importa qué tipo de Superficie de Referencia elijamos ? : Sí
¿ Por qué ? : Porque lo que importa no es el valor absoluto o relativo de la altura sino sus EFECTOS.

Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

- ▶ La respuesta que debe proporcionar un Sistema Altimétrico **NO** es cuanto más alto o bajo es un punto respecto de otro sino **HACIA DÓNDE FLUYE EL AGUA**.



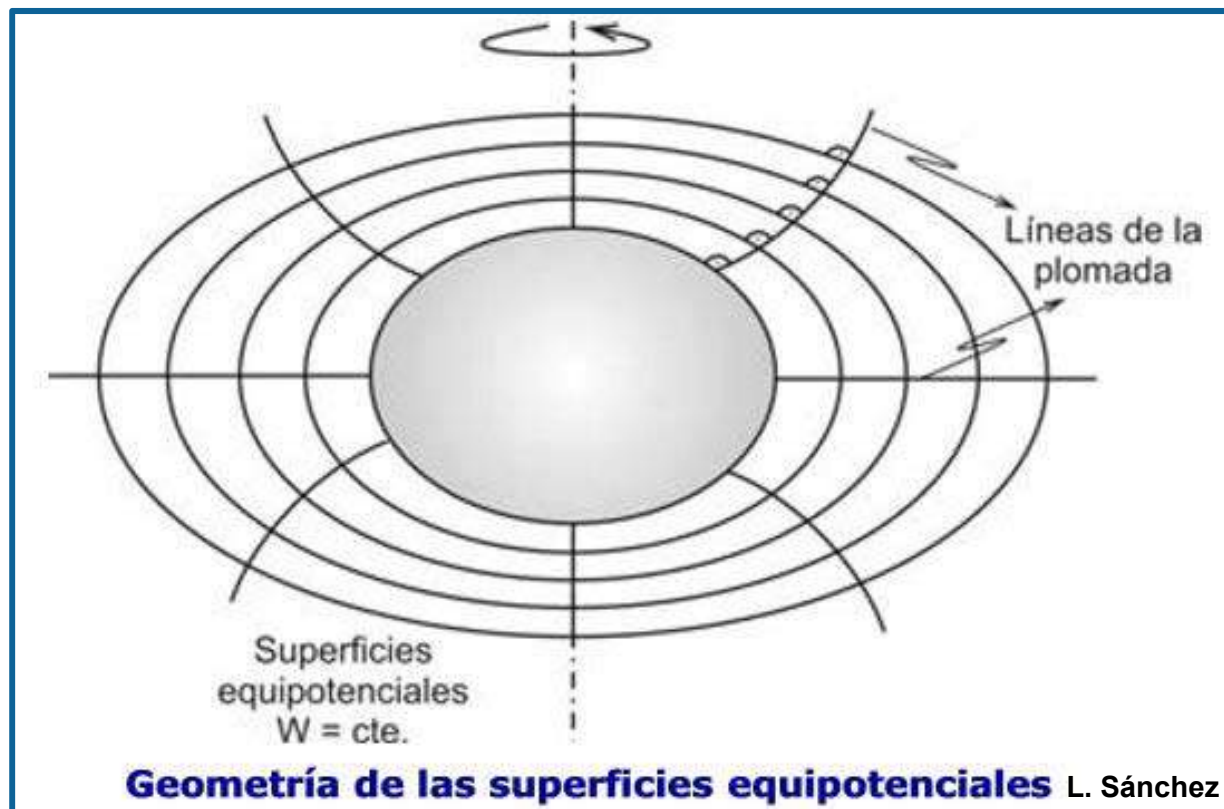


Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

- ▶ El agua NO fluye entre dos puntos por una cuestión geométrica sino por una cuestión FÍSICA vinculada al campo gravitacional / potencial terrestre.
- ▶ El agua NO fluye necesariamente del punto de mayor altura al de menor altura
- ▶ No casualmente referimos Alturas al “Nivel Medio del Mar”. El nmm es una superficie FÍSICA que en geodesia se utiliza para definir al **GEOIDE**.
- ▶ El GEOIDE es, entonces una SUPERFICIE EQUIPOTENCIAL del campo de gravedad REAL terrestre. Es decir, una superficie tomada como REFERENCIA a lo largo de la cual el vector GRAVEDAD no realiza TRABAJO.

Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

Geometría de las superficies equipotenciales del Campo de Gravedad Terrestre

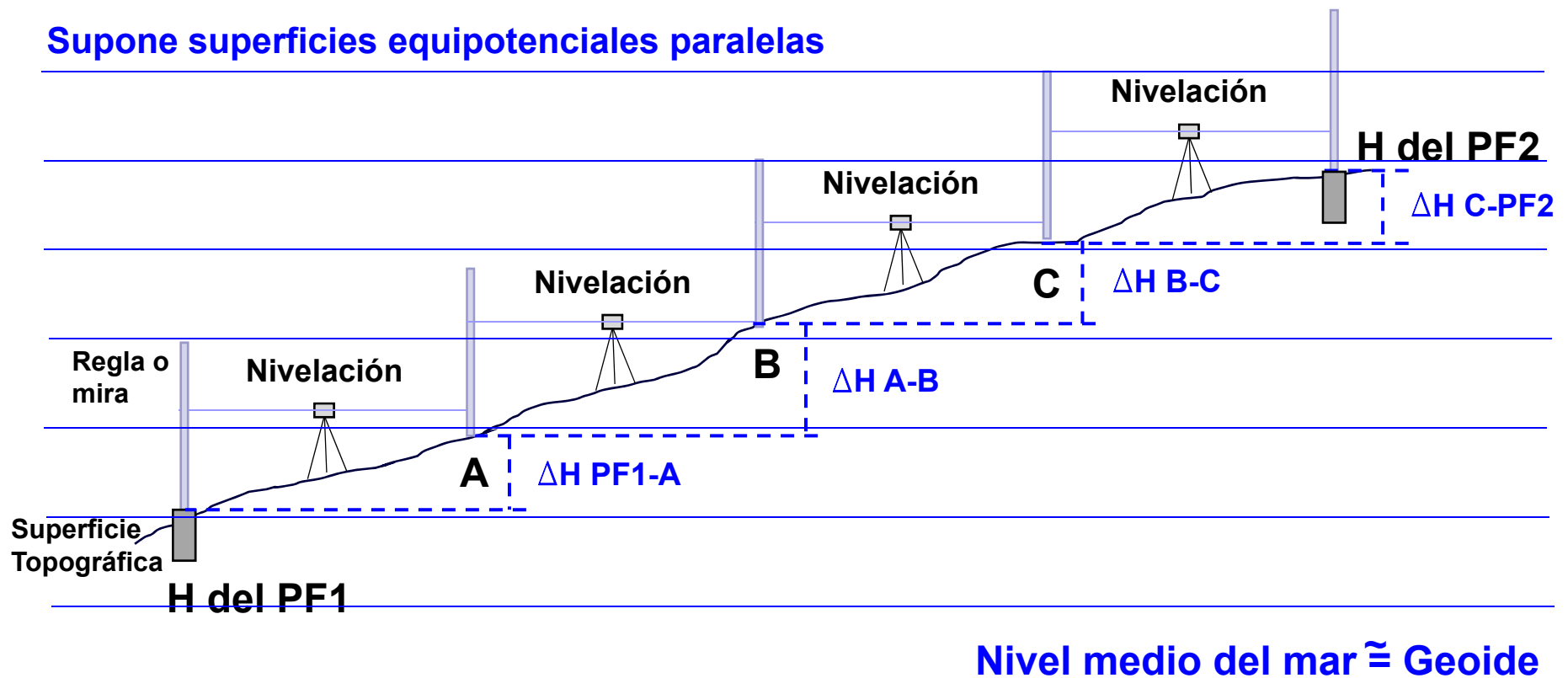


A lo largo de la Superficie Topográfica las superficies equipotenciales del Campo de Gravedad Terrestre no son paralelas.

Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

Traslado de la cota geométrica (H)

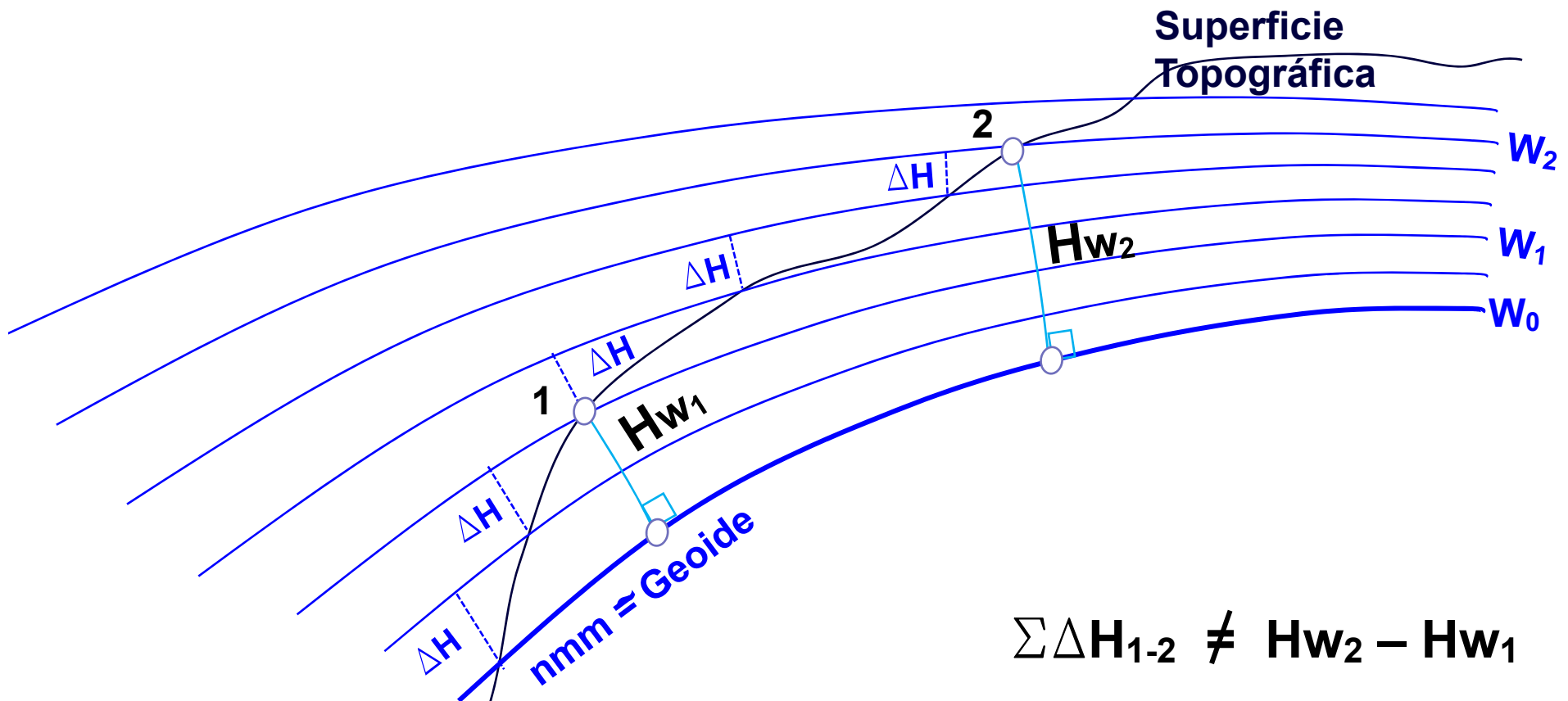
Supone superficies equipotenciales paralelas



$$H \text{ PF2} = H \text{ PF1} + \Delta H \text{ PF1-A} + \Delta H \text{ A-B} + \Delta H \text{ B-C} + \Delta H \text{ C-PF2}$$

Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

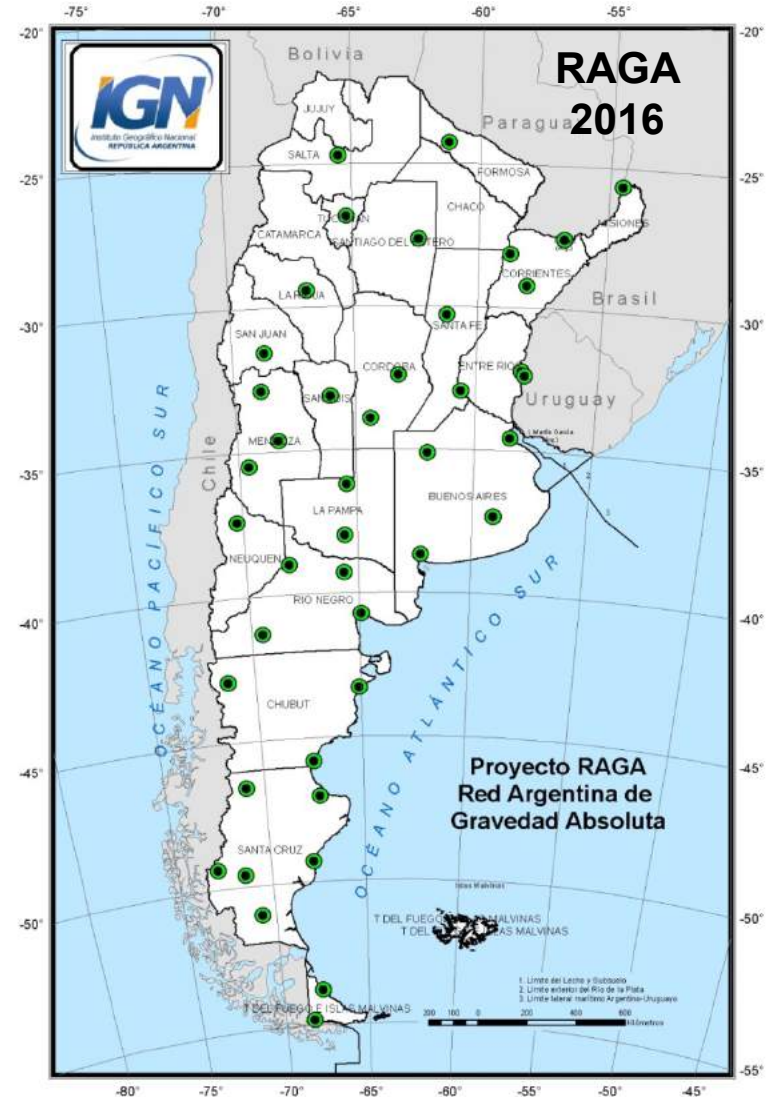
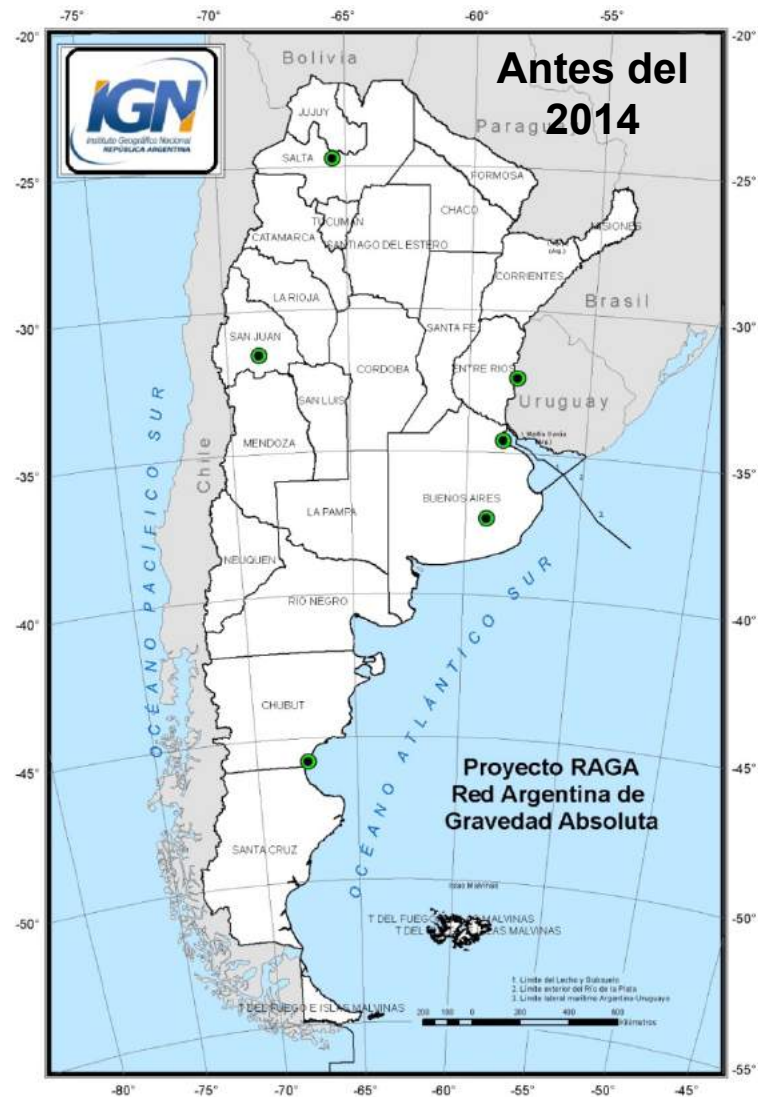
Geometría de las superficies equipotenciales del Campo de Gravedad Terrestre



Las diferencias de nivel geométrico observadas (ΔH), deben ser corregidas por el efecto de la gravedad. La altura así obtenida referida al geoide se la denomina cota o altura ortométrica.

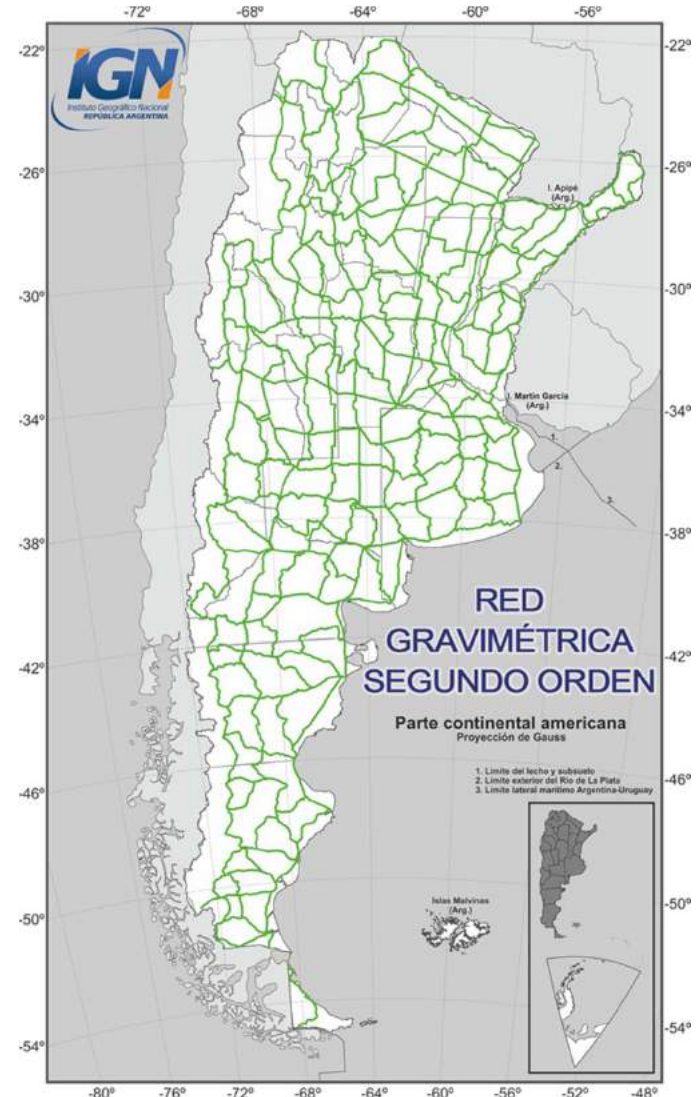
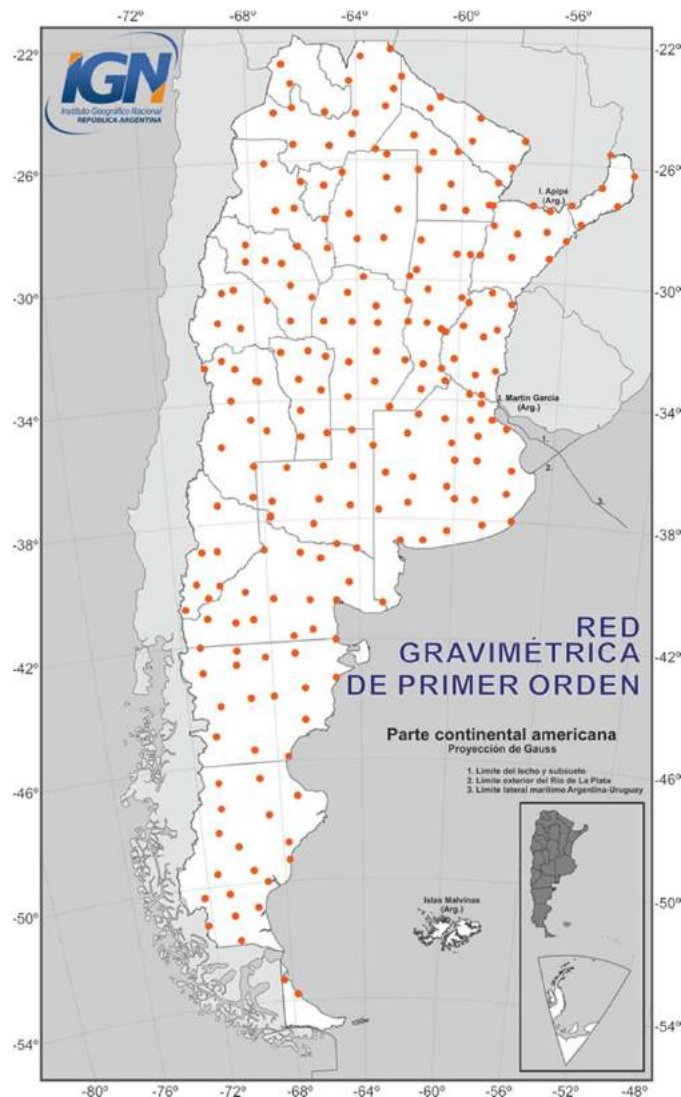
Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

Red Argentina Gravedad Absoluta



Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

Red Gravimétrica de Primer y Segundo Orden



Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina



- ▶ 393 líneas de nivelación
 - ▶ ~59 000 km de nivelación
 - ▶ ~18 000 pilares
 - ▶ Valores gravimétricos (~83%)
- ▶ 230 puntos nodales
- ▶ 414 tramos de nivelación (considerando 243 nodos)
- ▶ 156 polígonos



Nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

Control de cierre de los polígonos

$$T[\text{mm}] = 3 \times \sqrt{L[\text{km}]}$$



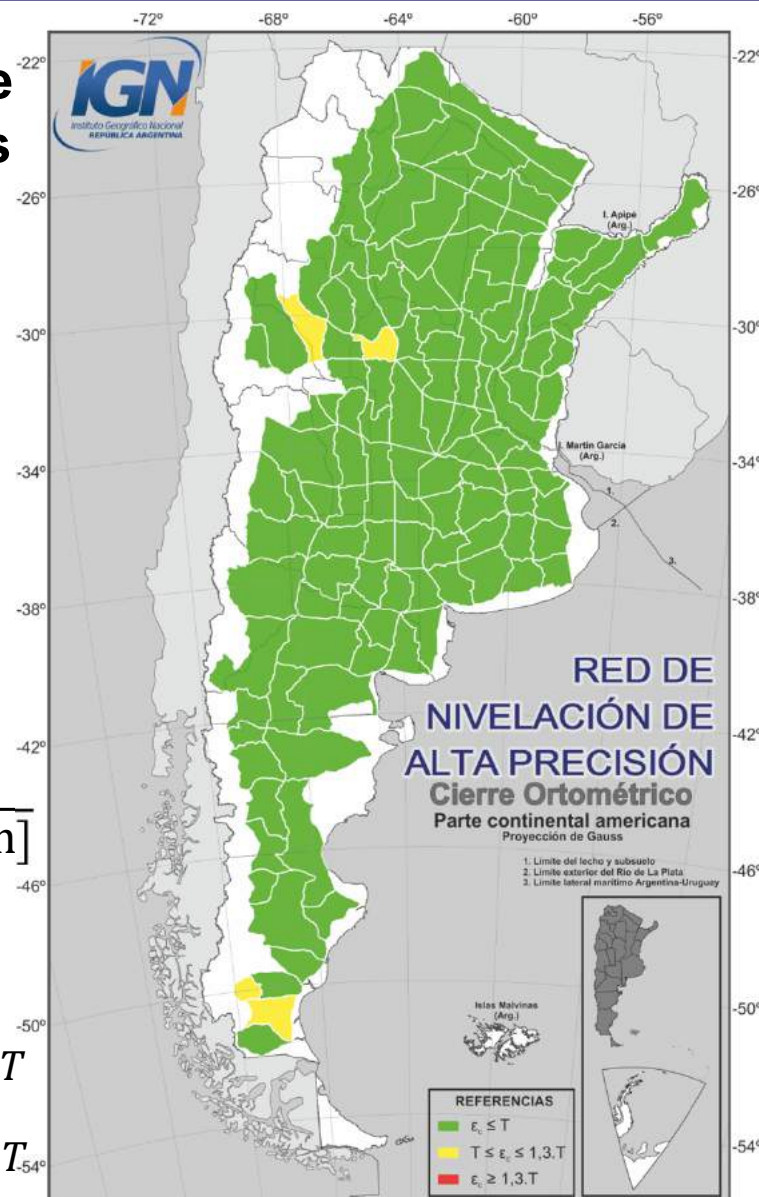
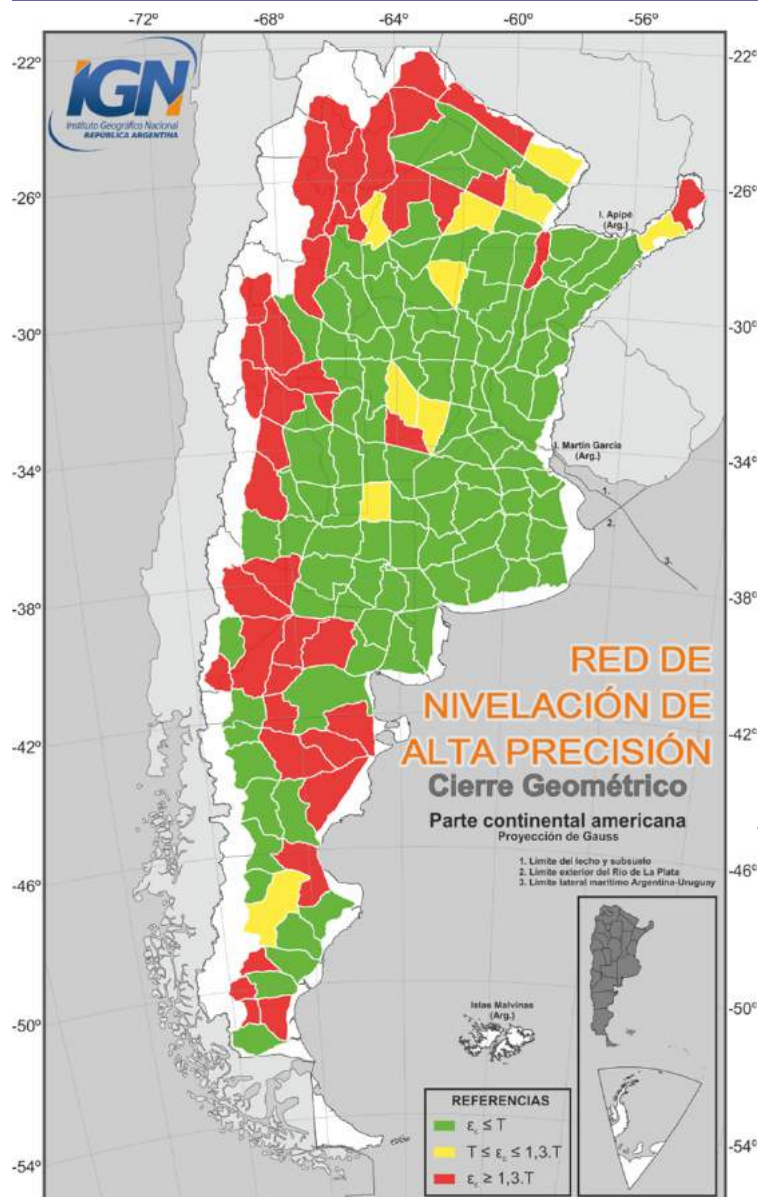
$$\varepsilon_c \leq T$$



$$T < \varepsilon_c \leq 1.3 T$$



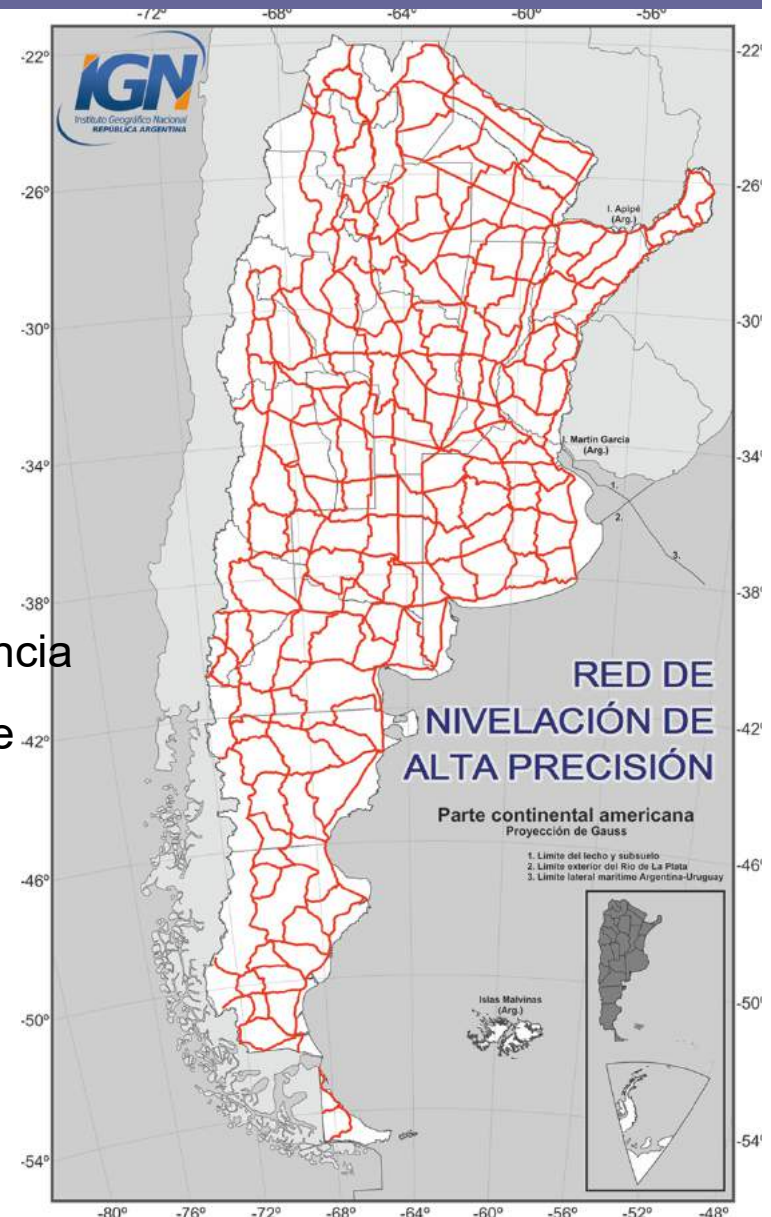
$$\varepsilon_c \geq 1.3 T$$



Red de nivelación de Alta Precisión

Ajuste por el método de mínimo cuadrados

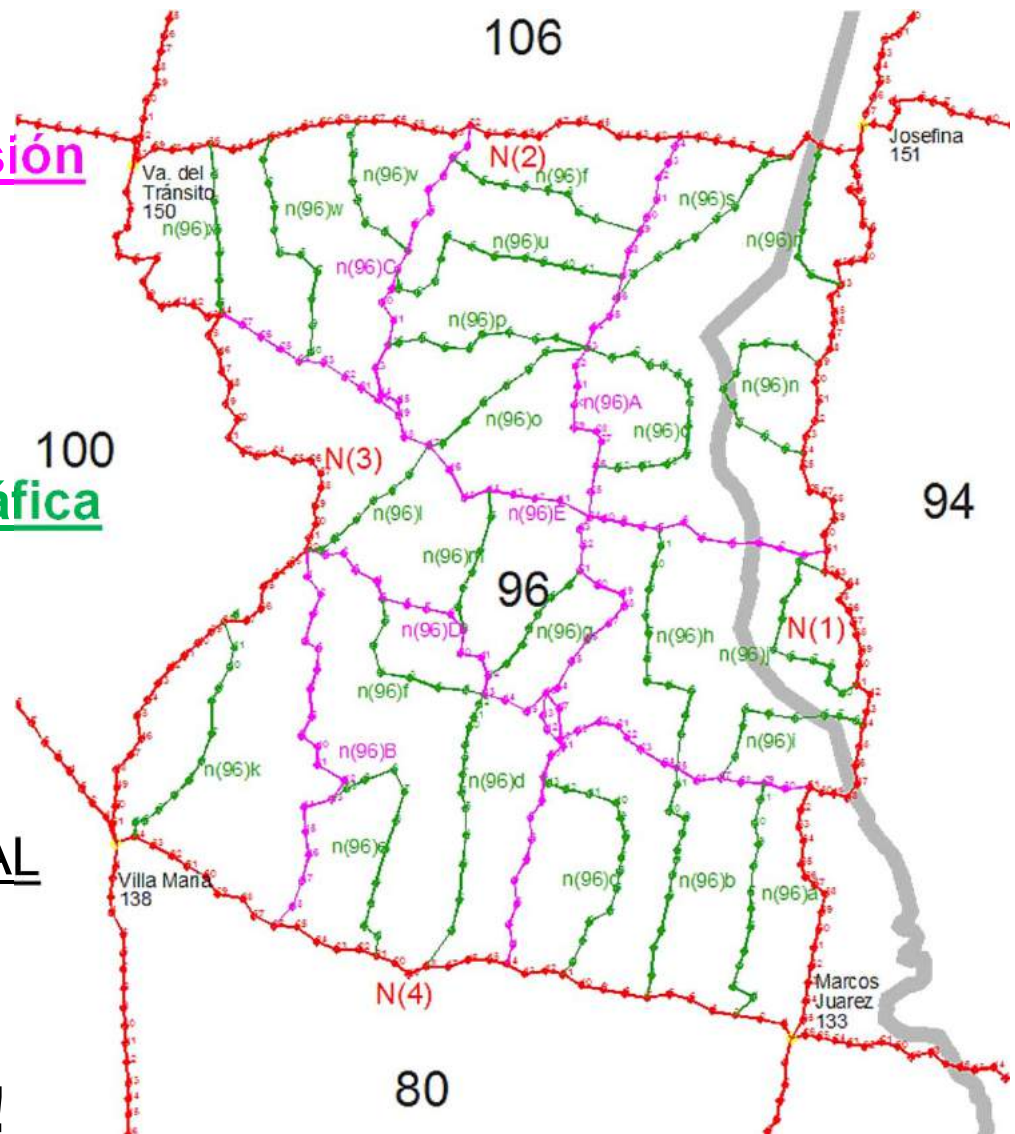
- ▶ Red Continental (ajuste principal)
 - ▶ 362 desniveles geopotenciales
 - ▶ Punto fiducial → Nodal 71, Mar del Plata
 - ▶ $C_{\text{Nodal 71}} = 121.649780 \text{ m}^2\text{s}^{-2} = 12.413 \text{ m}$
- ▶ Red Continental (ajuste secundario)
 - ▶ 27 desniveles geopotenciales → fuera de tolerancia
 - ▶ 21 desniveles geopotenciales → líneas sin cierre
- ▶ Isla Grande de Tierra del Fuego
 - ▶ 4 desniveles geopotenciales
 - ▶ Punto fiducial → PF1N(383), Ushuaia
 - ▶ $C_{\text{PF1N(383)}} = 38.427000 \text{ m}^2\text{s}^{-2} = 3.915 \text{ m}$



Red de nivelación de Precisión y Topográfica

- ▶ 105 polígonos
- ▶ 329 líneas de nivelación de **Precisión**
 - ▶ ~32 000 km de nivelación
 - ▶ ~8 000 pilares altimétricos
- ▶ 1298 líneas de nivelación **Topográfica**
 - ▶ ~52 000 km de nivelación
 - ▶ ~8 000 pilares altimétricos
- ▶ 2020 líneas de nivelación en **TOTAL**
 - ▶ ~143 000 km de nivelación
 - ▶ ~34 000 pilares altimétricos

3.5 vueltas a la Tierra !!



Resultados

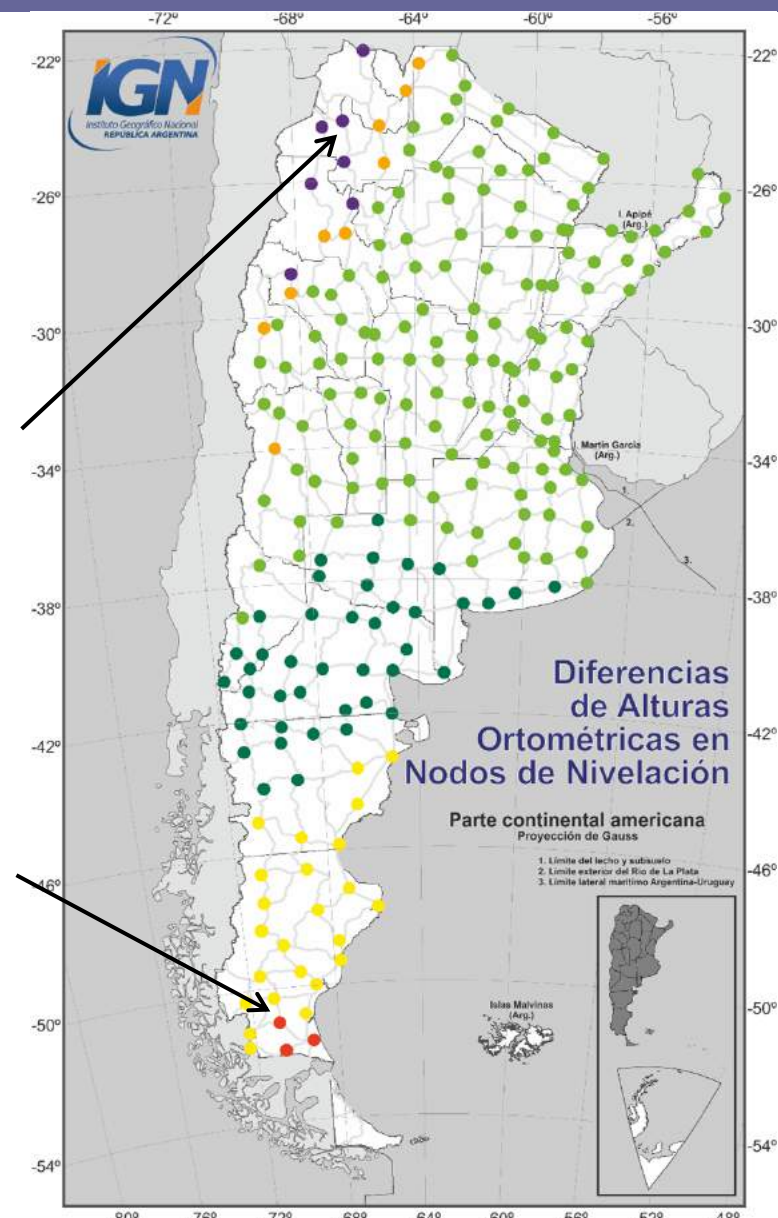
Diferencias sobre nodales

$$H_{\text{viejo}} - H_{\text{nuevo}}$$



Nodal 220
- 2.258 m

Nodal 6
0.785 m



Resultados (cont.)

Diferencias en el NEA

$$H_{\text{viejo}} - H_{\text{nuevo}}$$



$$-0.20 \text{ m} < \delta \leq -0.15 \text{ m}$$



$$-0.15 \text{ m} < \delta \leq -0.10 \text{ m}$$

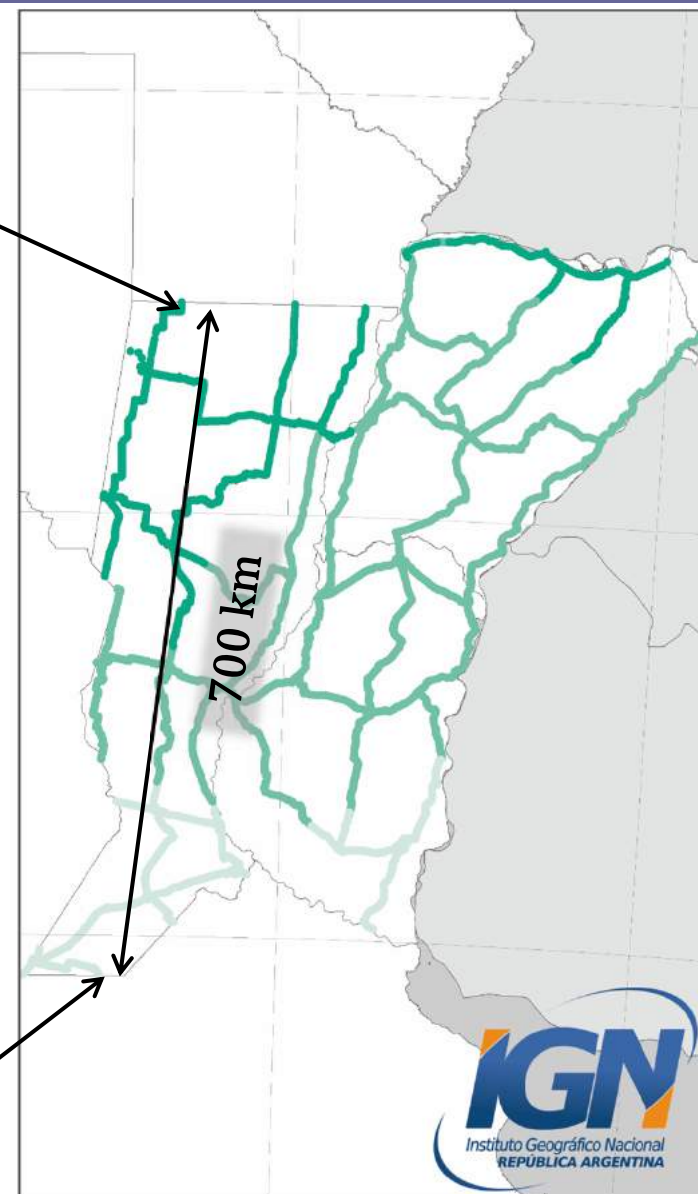


$$-0.10 \text{ m} < \delta \leq -0.05 \text{ m}$$

PF24N(276)
-0.199 m

Cambio
relativo
0.145 m

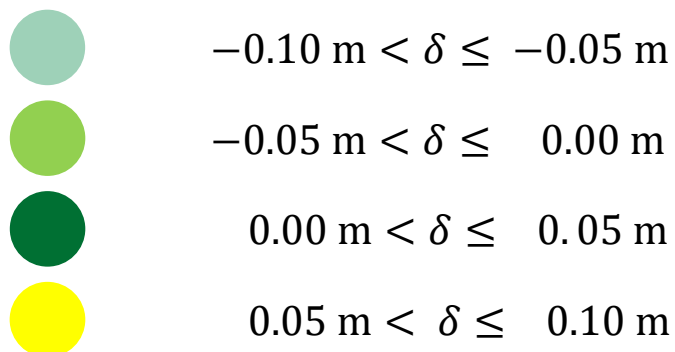
PF27N(17)
-0.054 m



Resultados (cont.)

Diferencias en provincia de Buenos Aires

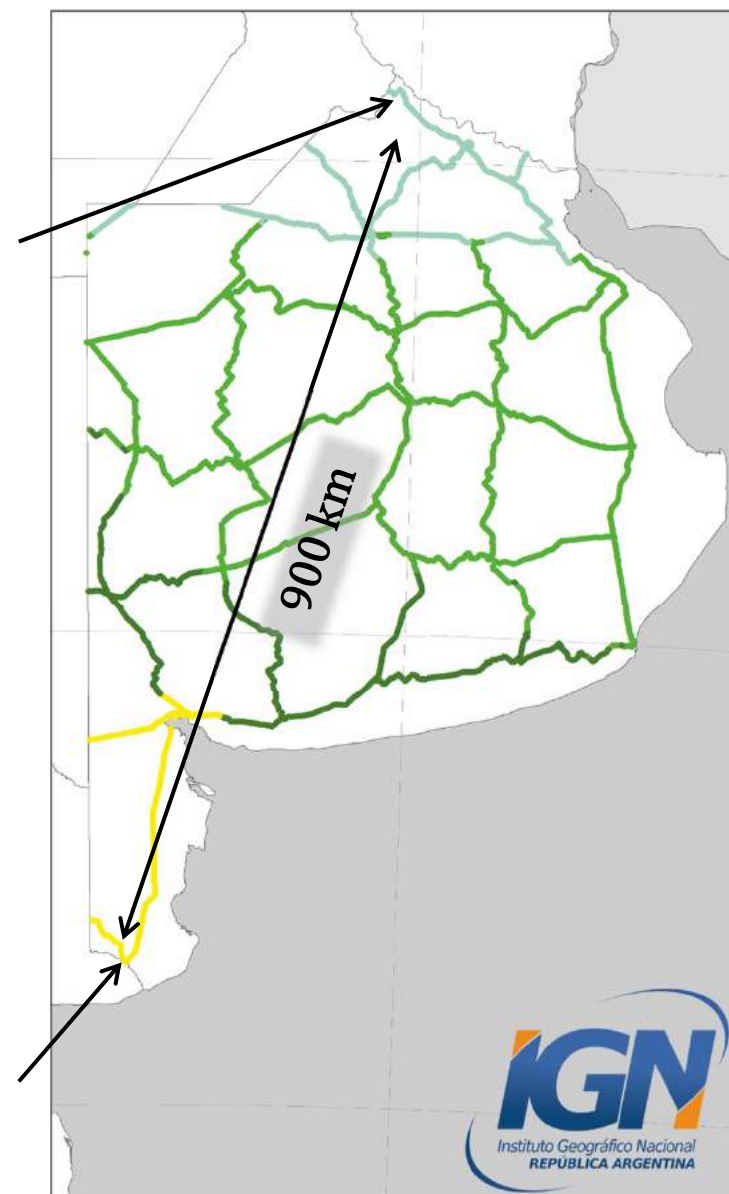
$$H_{\text{viejo}} - H_{\text{nuevo}}$$



PF41N(72)
-0.082 m

Cambio
relativo
0.179 m

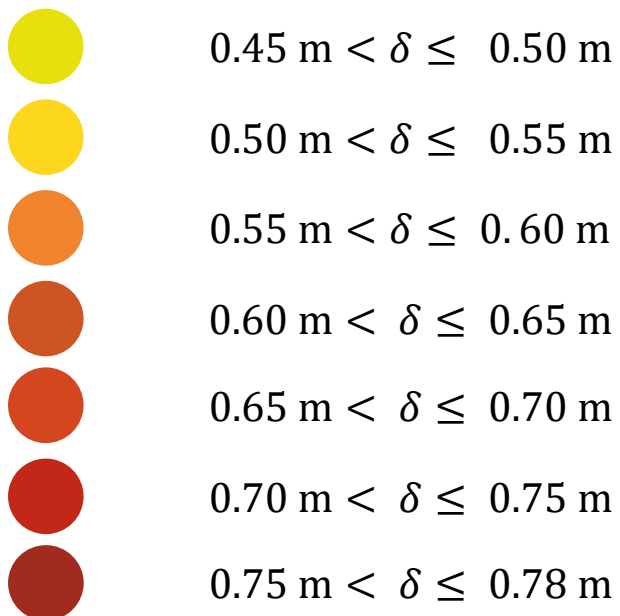
NODAL 52
0.097 m



Resultados (cont.)

Diferencias en provincia de Santa Cruz

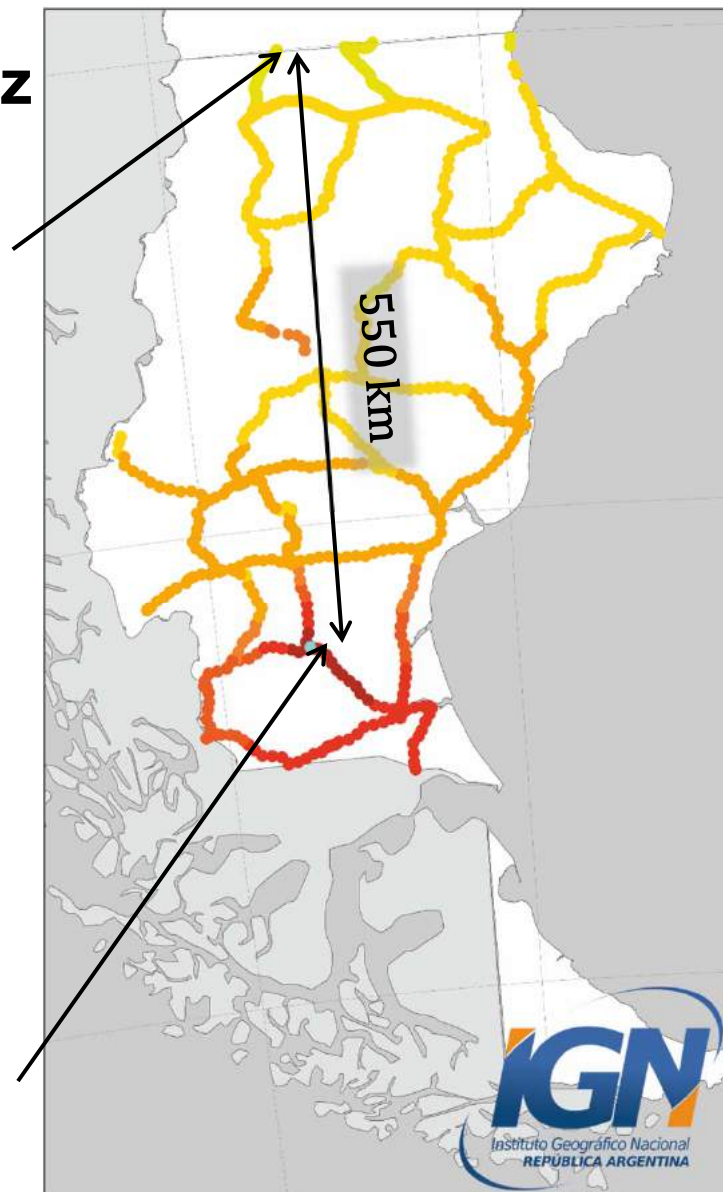
$$H_{\text{viejo}} - H_{\text{nuevo}}$$



PF46N(248)
0.459 m

Cambio
relativo
0.326 m

NODAL 6
0.785 m



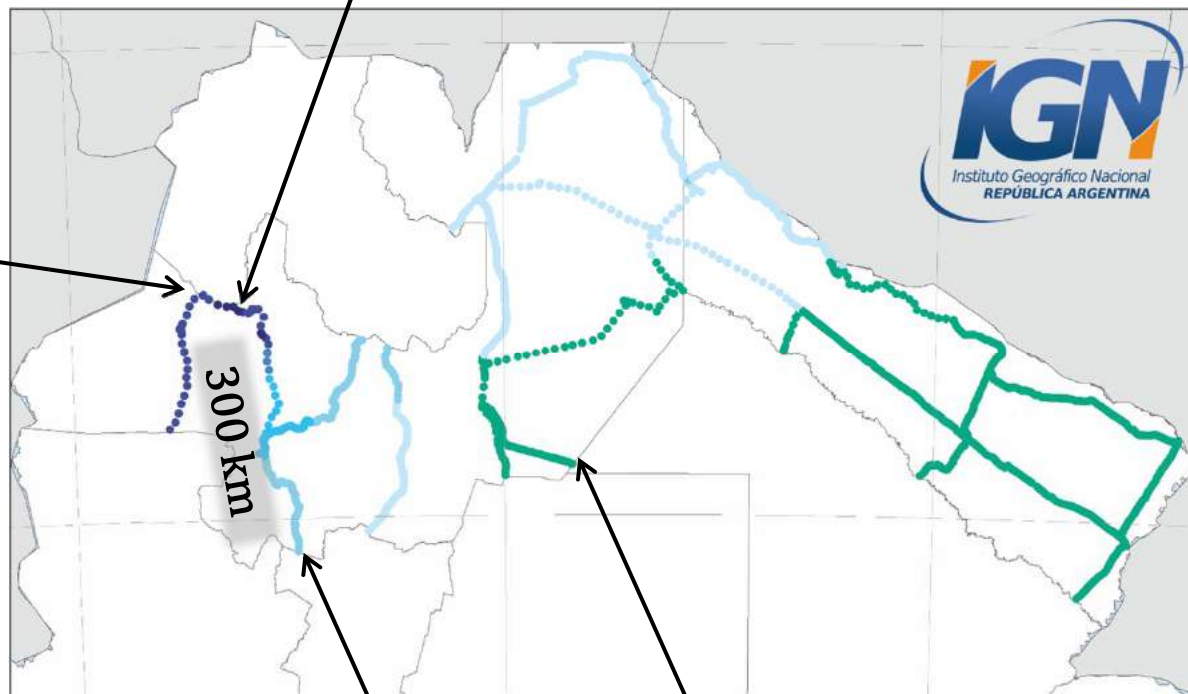
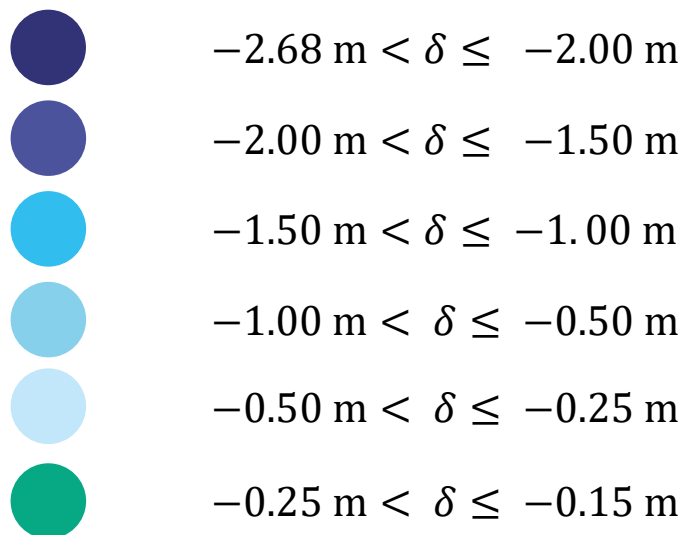
Resultados (cont.)

Diferencias en Salta y Formosa

$$H_{\text{viejo}} - H_{\text{nuevo}}$$

Nodal 220
- 2.258 m

PF10N(355)
-2.681 m

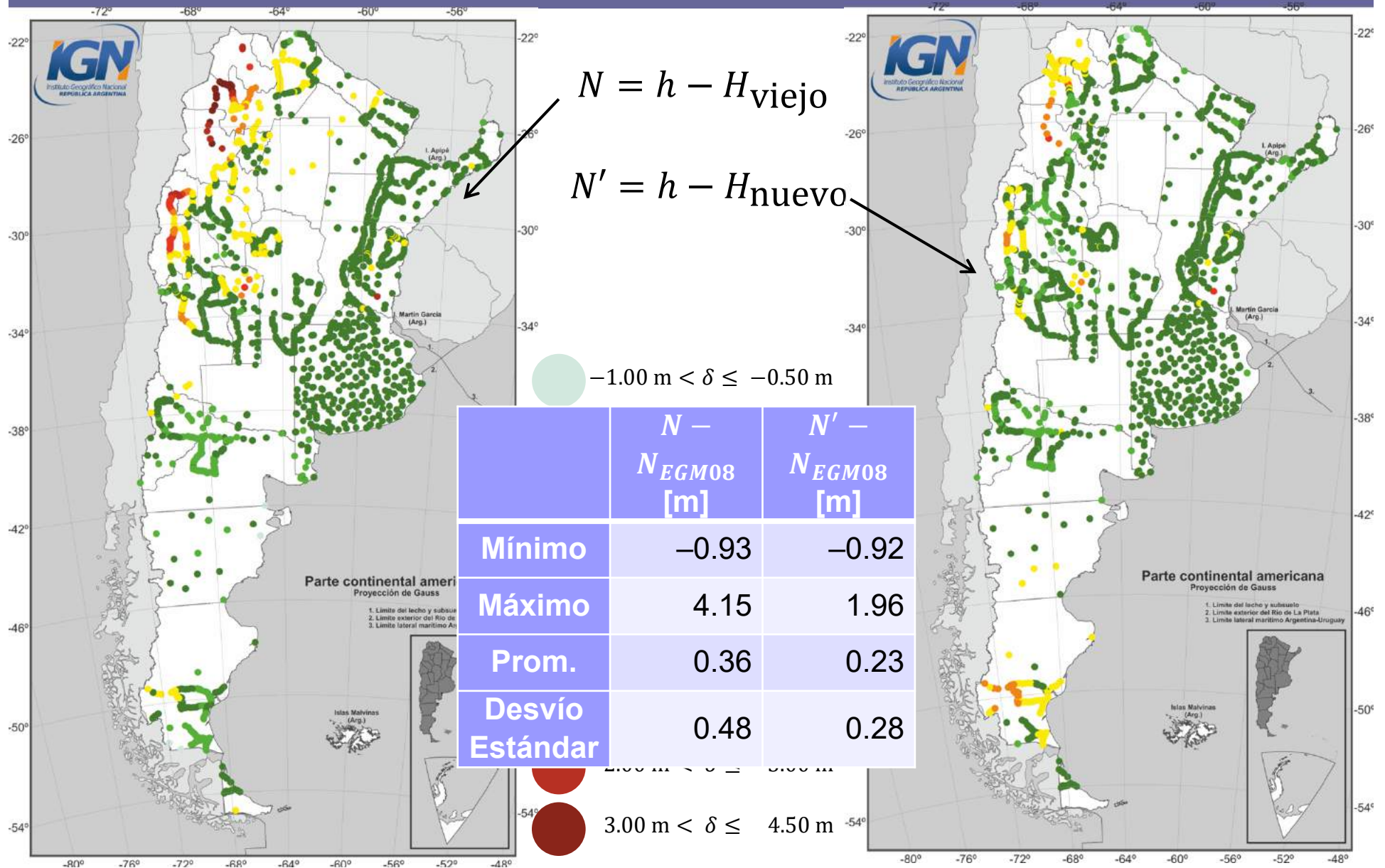


Cambio
relativo
1.826 m

PF5N(199)
-0.855 m

PF4N(311)
-0.151 m

Alturas medidas vs. EGM08 (~2300 puntos)



Acceso a la base de datos altimétrica



The screenshot shows the website of the Instituto Geográfico Nacional (IGN) of Argentina, part of the Ministerio de Defensa, Presidencia de la Nación. The page is titled 'HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA' (Search Tools). It features a search bar with a red 'ir' button. Below the search bar, there is a description of the search tools and a link to 'hguagni@ign.gob.ar'. The page is organized into several sections: 'BÚSQUEDA' (Search), 'ACCESOS RÁPIDOS' (Quick Access), 'HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA' (Search Tools), 'RED DE NIVELACIÓN' (Leveling Network), and 'TE PUEDE INTERESAR...' (You may be interested...). The 'ACCESOS RÁPIDOS' section includes dropdown menus for 'Productos y servicios', 'Descargas...', and 'Enlaces útiles'. The 'HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA' section lists several search criteria: SECTOR, PROXIMIDAD, NOMENCLATURA DEL PUNTO, CARTA TOPOGRÁFICA, PROVINCIA, DEPARTAMENTO / PARTIDO, and LINEA. The 'RED DE NIVELACIÓN' section includes links to 'Introducción', 'Herramientas de búsqueda', 'Mapa de la red', and 'Documentación técnica'. The 'TE PUEDE INTERESAR...' section includes links to 'Introducción', 'Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco', 'Taller de marcos de referencia geodésico para catastro', 'Introducción', 'Estado de Estaciones GNSS Permanentes', 'Descarga de archivos RINEX', and 'RAMSAC - Descarga de archivos RINEX'.

IGN
Instituto Geográfico Nacional
REPÚBLICA ARGENTINA

Ministerio de Defensa
Presidencia de la Nación

BÚSQUEDA

ir

ACCESOS RÁPIDOS

Productos y servicios ▼
Descargas... ▼
Enlaces útiles ▼

HERRAMIENTAS DE BÚSQUEDA

Herramientas de búsqueda de pilares pertenecientes a la red de nivelación. Para realizar consultas técnicas referentes a la red de nivelación deberá enviar un correo electrónico a la siguiente dirección hguagni@ign.gob.ar (Ing. Agrim. Hernán Guagni).
[Términos y Condiciones](#)

- **SECTOR**
- **PROXIMIDAD**
- **NOMENCLATURA DEL PUNTO**
- **CARTA TOPOGRÁFICA**
- **PROVINCIA, DEPARTAMENTO / PARTIDO**
- **LINEA**

RED DE NIVELACIÓN

Introducción
Herramientas de búsqueda
Mapa de la red
Documentación técnica

TE PUEDE INTERESAR...

Introducción
Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco
Taller de marcos de referencia geodésico para catastro
Introducción
Estado de Estaciones GNSS Permanentes
Descarga de archivos RINEX
RAMSAC - Descarga de archivos RINEX

<http://www.ign.gob.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Nivelacion/Busqueda>

Resumen

- ▶ Se ha determinado un nuevo Sistema de Referencia Vertical para la República Argentina basado en números geopotenciales
- ▶ Se han adoptado alturas ortométricas (Mader, 1954) para los puntos de la Red de Nivelación Argentina (RN-Ar)
- ▶ Las diferencias máximas y mínimas con respecto a la antigua red de nivelación son +0.785 m y -2.681 m respectivamente
- ▶ Las alturas están disponibles en forma libre y gratuita desde el 2 de enero de 2017





Modelo de Geoide gravimétrico (GEOIDE-Ar16)

Determinación de alturas ortométricas

► Combinar nivelación geométrica y mediciones gravimétricas

- La nivelación geométrica requiere un equipo de ~4-6 personas para recorrer ~6-12 km diarios
- Los gravímetros son instrumentos muy costosos (> U\$S100.000)
- Método complejo de cálculo (para los usuarios)

► Combinar modelo de geoide con observaciones GPS

- Solo es necesario un operador por estación
- Los equipos GPS son relativamente baratos
- Es un método simple (para los usuarios)



Retrieved from <http://www.psurveys.com.au/#!/projects/c1xj0>



GEOIDE-Ar16 - Motivación

- ▶ **Determinar un modelo de geoide gravimétrico a partir de:**
 - Nuevas versiones disponibles de modelos geopotenciales globales (MGG)
 - Nuevas versiones de modelos digitales de elevación (MDE) y batimetría
 - Nuevos datos gravimétricos, altimétricos y GPS disponibles

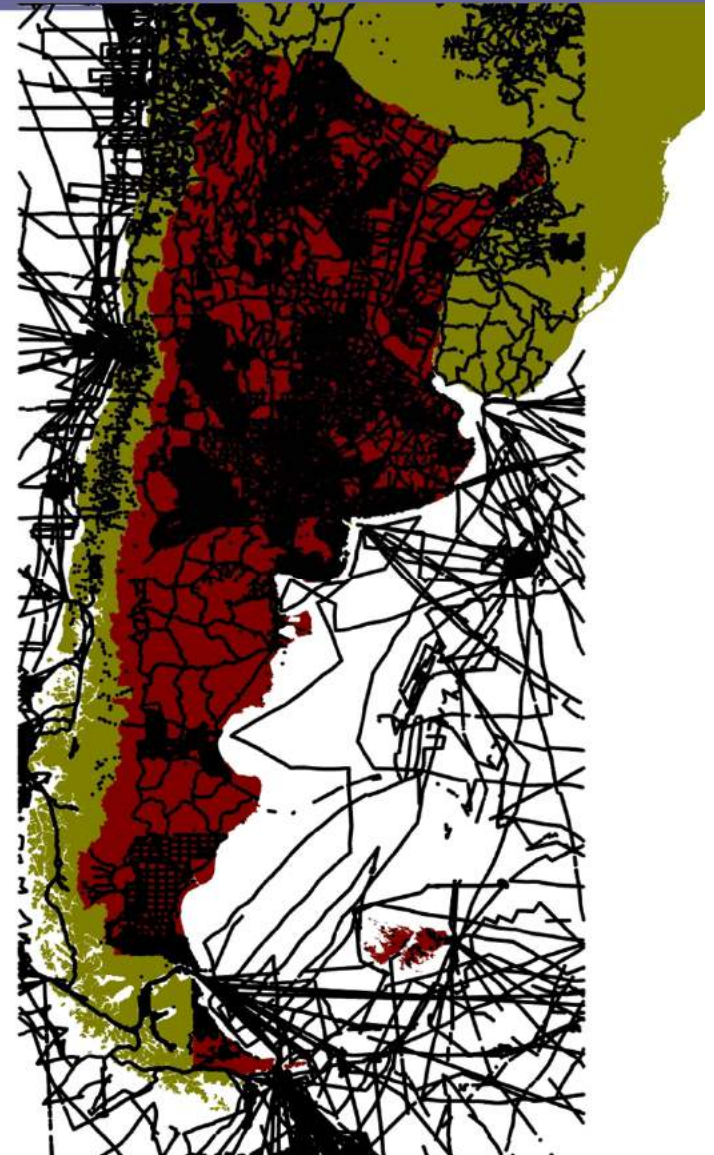
- ▶ **Vincular el modelo de geoide al sistema altimétrico Nacional**
 - La ondulación geoidal del modelo deberá transformar una altura elipsoidal determinada en el marco de referencia POSGAR 2007 en una altura ortométrica referida al nuevo Sistema Vertical de la República Argentina

- ▶ **Lograr una precisión aceptable para aplicaciones topográficas**
 - Dependiendo de la densidad de datos gravimétricos disponibles
 - Densificar la red gravimétrica Nacional donde fuere necesario

Datos de entrada

1- Datos gravimétricos (~650 000)

Instituto Geográfico Nacional (IGN); Yacimientos Petrolíferos Fiscales (YPF); Instituto de Física de Rosario (IFIR); Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP); Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ); Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGEBA) de la Universidad de Buenos Aires (UBA); Laboratorio de Geofísica Aplicada y Ambiental (LAGAMA) de la Universidad Nacional de Tucumán (UNT); Departamento de Física de la Universidad Nacional del Sur (UNS); Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR); Wintershall Energy S.A.; Servicio Geográfico Militar del Paraguay; Instituto Geográfico Militar de Chile; Technische Universität Berlin (Alemania); National Geospatial-Intelligence Agency (Estados Unidos); British Antarctic Survey (Inglaterra); Bureau Gravimétrique International (Francia); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (Japón); Marine Geoscience Data System; Rolling Deck to Repository ...



Datos de entrada (cont.)

2- Datos altimétricos

► Nuevo Sistema de Referencia Vertical Nacional

- Alturas ortométricas de Mader (1954)



Datos de entrada (cont.)

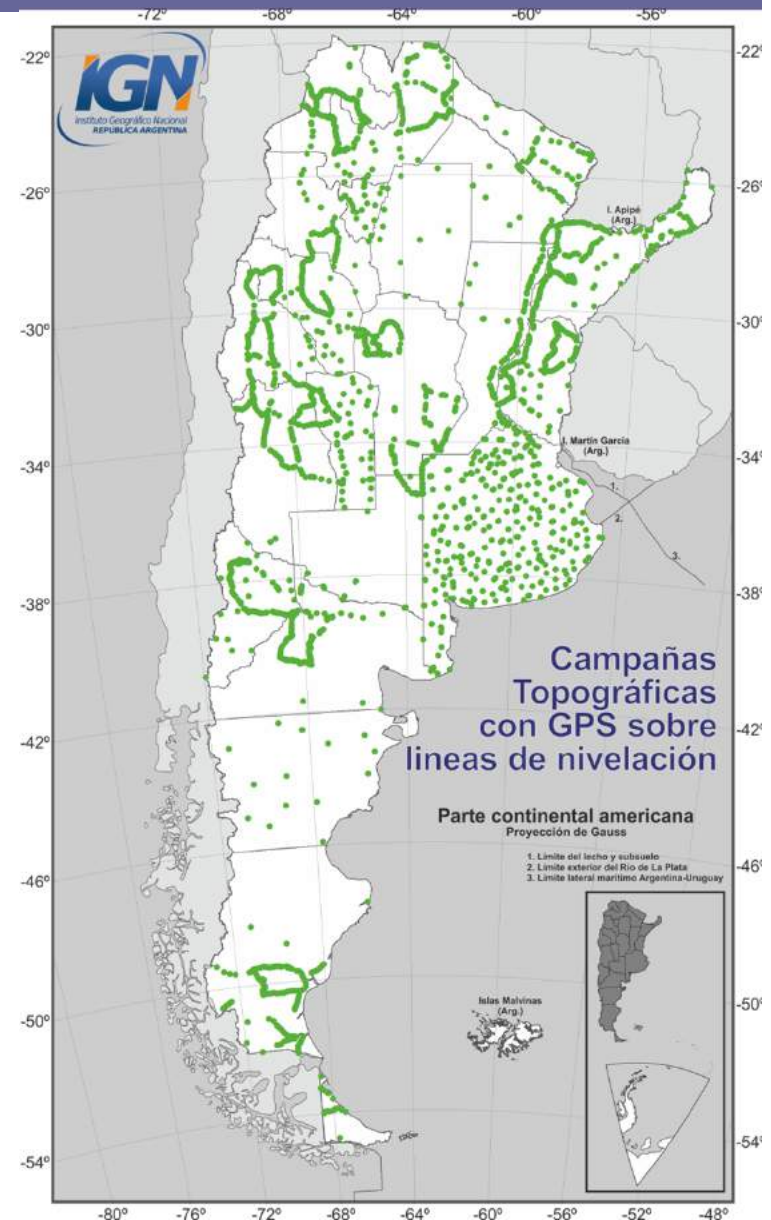
3- Datos GPS

► Marco de Referencia Geodésico Nacional (2009)

- Determinación del marco de ref. POSGAR 2007
- Basado en ITRF 2005 (época 2006.632)

► Nuevas mediciones sobre puntos altimétricos

- > 2.000 puntos medidos





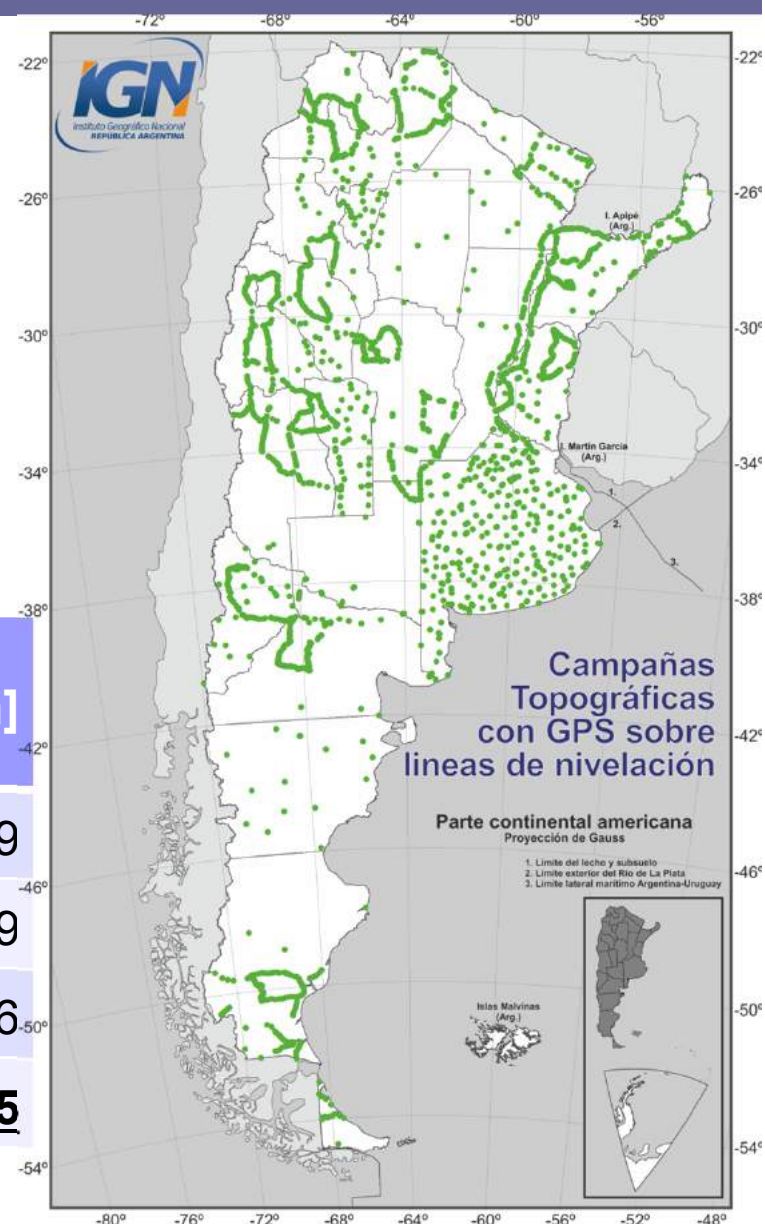
Procedimientos

1. Estandarización y filtrado de datos gravimétricos
2. Reducción de datos gravimétricos → anomalía de Bouguer
3. Eliminación de la contribución del MGG → anomalía de Helmert
4. Interpolación de datos gravimétricos
5. Grilla de anomalías gravimétricas
6. Resolución de la integral de Stokes
7. Determinación del efecto indirecto del terreno
8. Determinación de la contribución del MGG
9. Determinación de GEOIDE-Ar16

Validación del modelo GEOIDE-Ar16

- Estadísticas de las diferencias entre la ondulación geoidal derivada de 1914 puntos GPS-nivelación y la ondulación derivada de los siguientes modelos: ARG05, GAR, EGM2008 y GEOIDE-Ar16

Geoide / GGM	Max [m]	Min [m]	Prom [m]	STD [m]
ARG05	5.32	-0.04	1.92	0.59
GAR	1.75	-2.13	-0.09	0.29
EGM2008	1.62	-0.93	0.22	0.26
<u>GEOIDE-Ar16</u>	<u>0.32</u>	<u>-0.36</u>	<u>0.00</u>	<u>0.05</u>



Acceso a la calculadora de GEOIDE-Ar16

The screenshot shows the web interface for the GEOIDE-Ar16 online calculator. At the top, there is a header with the IGN logo (Instituto Geográfico Nacional, República Argentina) and the Ministry of Defense, Presidency of the Nation. Below the header, there are social media icons and navigation links: "Nuestro Instituto", "Nuestras Actividades", and "Nuestros Servicios".

The main content area is titled "CALCULADORA ONLINE GEOIDE-AR 16". It includes a search bar with a "BÚSQUEDA" label and a "ir" button. Below the search bar, there are "ACCESOS RÁPIDOS" (Quick Access) links: "Productos y servicios...", "Descargas...", and "Enlaces útiles".

The central text describes the tool: "La herramienta Web GEOIDE-Ar16 permite la determinación de ondulaciones geoidales de puntos localizados sobre la superficie de la República Argentina. Estas ondulaciones permitirán transformar alturas elipsoidales referidas al Marco de Referencia Geodésico Nacional POSGAR07 en alturas ortométricas referidas al Sistema Vertical de Referencia Nacional exclusivamente. Para ejecutar la aplicación deberá realizar lo siguiente:"

Two instructions are listed:

1. Introducir las coordenadas de los puntos en decimal de grado, utilizando al punto (".") como separador decimal. Se deberán utilizar signos negativos en los valores de latitud y longitud ingresados para indicar que los puntos están ubicados al Sur del Ecuador y al Oeste del Meridiano de Greenwich. En caso de ser necesario, presionar el botón "ejemplo" para ver el formato de los datos de entrada que son requeridos.
2. Luego de cargar el listado de puntos, presionar el botón "procesar". Los resultados se verán en el cuadro inferior.

Below the instructions, there is a "Datos:" label and a text area containing a list of coordinates:

```
-35.414329 -60.141746  
-35.406613 -60.772444  
-37.875285 -62.885637  
-34.431955 -61.075266  
-35.438261 -62.987166  
-36.582007 -62.117484
```

Below the text area, there are two buttons: "Ejemplo" and "Procesar".

At the bottom, there is a "Resultado:" label and an empty text area for the results.

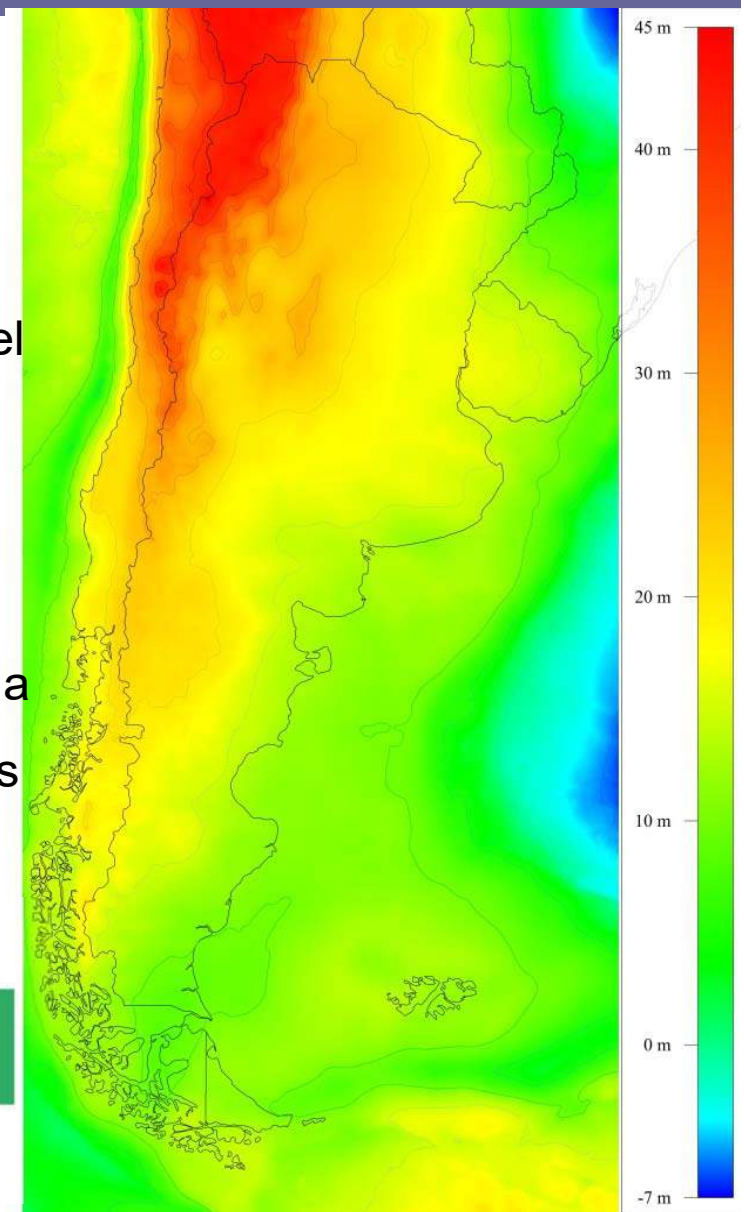
On the right side, there is a sidebar titled "GEOIDE-AR16" with a "Calculadora" button. Below it, there is a section "TE PUEDE INTERESAR..." with a list of links: "Introducción", "Nueva estación gps permanente en la provincia del chaco", "Taller de marcos de referencia geodésico para catastro", "Introducción", "Estado de Estaciones GNSS Permanentes", "Descarga de archivos RINEX", "RAMSAC - Descarga de archivos RINEX", and "Introducción". At the bottom of the sidebar, there is a pagination indicator "1 of 29" and a "»" button.

<http://www.ign.gov.ar/NuestrasActividades/Geodesia/Geoide-Ar16/calculadora>

Resumen

- ▶ Se ha determinado un modelo de geoide gravimétrico para la República Argentina
- ▶ De acuerdo a los resultados obtenidos, GEOIDE-Ar16 es el modelo más preciso para la Argentina (del que se dispone actualmente)
- ▶ Se ha generado una base de datos gravimétrica
- ▶ El IGN ha desarrollado un plan para densificar con información gravimétrica las zonas que carecen de la misma y continuar la medición de pilares altimétricos de la red de nivelación de alta precisión con GPS

GEOIDE-Ar16
Modelo de Geoide Argentino





¡¡Muchas Gracias!!

Ing. Agrim. Hernán Guagni
hguagni@ign.gob.ar